

Máster en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente

Universidad Politécnica de Cataluña

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona

Barcelona, Septiembre 2011

Tutores: Helena Coch Roura, Jaime Roset Calzada

## **LA ILUMINACIÓN NATURAL EN LA REHABILITACIÓN DE FÁBRICAS ANTIGUAS**



Laura Lo Cigno

<b>PARTE 1- INTRODUCCIÓN</b>	<b>PAG. 1</b>
1.1 Presentación del trabajo	PAG. 2
1.2 Estructura y metodología del trabajo	PAG. 2
1.3 Objetivo del trabajo	PAG. 4
<b>PARTE 2 - MARCO TEÓRICO</b>	<b>PAG. 5</b>
<b>CAP.2.1 LAS FÁBRICAS</b>	
2.1.1 La Revolución Industrial	PAG. 6
2.1.2 La industria y la ciudad	PAG. 7
2.1.3 El cambio de confort	PAG. 8
<b>Cap. 2.2 LOS EQUIPAMIENTOS</b>	
2.2.1 La era post-industrial y la nueva sociedad de la información	PAG. 10
2.2.2 Hacia la terciarización de la economía: los equipamientos	PAG. 11
2.2.3 Los nuevos espacios en la ciudad	PAG. 12
<b>Cap. 2.3 LA REHABILITACIÓN COMO PASO SOSTENIBLE</b>	
2.3.1 El sector de la edificación como consumidor de energía	PAG. 13
2.3.2 La recuperación de espacios industriales y su reutilización como equipamientos	PAG. 15
2.3.3 El caso de Barcelona	PAG. 17
2.3.4 El caso de Torino	PAG. 19
<b>PARTE 3 - LAS TIPOLOGÍAS DE EDIFICIOS INDUSTRIALES</b>	<b>PAG. 22</b>
<b>Cap. 3.1 LAS FÁBRICAS DE PISOS</b>	
3.1.1 Características generales	PAG. 24
3.1.2 Ventajas e inconvenientes	PAG. 25
<b>Cap. 3.2 LAS NAVES</b>	
3.2.1 Características generales	PAG. 27
3.2.2 Ventajas e inconvenientes	PAG. 28
<b>Cap. 3.3 TABLA RESUMEN DE LAS DOS TIPOLOGÍAS</b>	<b>PAG. 31</b>
<b>PARTE 4 - LA ILUMINACIÓN NATURAL EN LAS REHABILITACIONES</b>	<b>PAG. 32</b>
<b>Cap. 4.1 LA ILUMINACIÓN NATURAL EN LAS FÁBRICAS ANTIGUAS</b>	
4.1.1 La ventana: elemento principal para el aprovechamiento de la luz natural	PAG. 33
4.1.2 La iluminación lateral	PAG. 34
4.1.3 La iluminación cenital	PAG. 35
4.1.4 La distribución de la luz en las antiguas fábricas	PAG. 36
<b>Cap. 4.2 LA REPERCUSIÓN DE LA COMPARTIMENTACIÓN DEL ESPACIO</b>	
4.2.1 La flexibilidad de las antiguas fábricas	PAG. 38



4.2.2	Espacios flexibles en la actualidad	PAG. 39
4.2.3	La necesidad de compartimentación en los equipamientos	PAG. 40
4.2.4	La clasificación y la distribución de los espacios en un edificio	PAG. 41
4.2.5	La relación entre los espacios	PAG. 42

#### **Cap. 4.3 EJEMPLOS DE REHABILITACIONES DE FÁBRICAS DE PISOS**

4.3.1	Can Tiana / Can Canela (fábrica de pisos, Barcelona)	PAG. 43
4.3.2	Can Saladrigas (fábrica de pisos, Barcelona)	PAG. 44
4.3.3	Can L'Arañó (fábrica de pisos, Barcelona)	PAG. 45
4.3.4	Vapor Vell de Sants (fábrica de pisos, Barcelona)	PAG. 46
4.3.5	Lingotto FIAT (fábrica de pisos, Torino)	PAG. 47

#### **Cap. 4.4 EJEMPLOS DE REHABILITACIONES DE NAVES**

4.4.1	Officine Grandi Riparazioni (nave, Torino)	PAG. 48
4.4.2	Can L'Arañó (nave, Barcelona)	PAG. 49
4.4.3	Almacén de trapos de Francisco Munné (nave, Barcelona)	PAG. 50

---

### **PARTE 5 - ANÁLISIS DEL CASO ESTUDIO: LA ESCOLA BAU** **PAG. 51**

---

#### **Cap. 5.1 LA ESCOLA BAU**

5.1.1	Presentación del caso estudio	PAG. 52
5.1.2	La antigua fábricas: Almacén de trapos de Francisco Munné	PAG. 53
5.1.3	El proyecto de reconversión: la nueva Escola BAU	PAG. 55
5.1.4	Objetivo y técnicas para la evaluación de condiciones lumínicas	PAG. 59
5.1.5	El emplazamiento y la exposición solar	PAG. 60

#### **Cap. 5.2 EVALUACIÓN LUMÍNICA DE UNA SALA DE ESTUDIO**

5.2.1	Cálculo a mano:iluminancia media de una sala-método del flujo	PAG. 62
5.2.2	Simulación con <i>Dialux</i> : distribución de iluminancias en la sala	PAG. 64
5.2.3	Mediciones <i>en situ</i> : distribución de iluminancias en la sala	PAG. 66

#### **Cap. 5.3 EVALUACIÓN LUMÍNICA DEL EDIFICIO**

5.3.1	<i>Factores de Iluminación Natural(FIN)</i> o <i>Daylighting Factors(DL)</i>	PAG. 70
5.3.2	Simulación con <i>Dialux</i> : distribución de iluminancias en el edificio	PAG. 71
5.3.3	Mediciones <i>en situ</i> : distribución de iluminancias en el edificio	PAG. 73

#### **Cap. 5.4 EVALUACIÓN LUMÍNICA DEL EDIFICIO – ESPACIO Y TIEMPO**

5.4.1	El proceso perceptivo: la percepción en el espacio y en el tiempo	PAG. 78
5.4.2	Sensibilidad a la variación de la luz en relación al tiempo	PAG. 79
5.4.3	Mediciones <i>en situ</i> : iluminancias según el desplazamiento	PAG. 79
5.4.4	Mediciones <i>en situ</i> : iluminancias según el tiempo	PAG. 85
5.4.5	Conclusiones de la evaluación lumínica (componentes de conducción y de paso)	PAG. 87

---

### **PARTE 6 – CONCLUSIONES GENERALES** **PAG. 92**

---

### **BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS** **PAG. 95**

---



## Parte 1 \_ **INTRODUCCIÓN**



## 1.1 Presentación del trabajo

Hoy en día la rehabilitación del Patrimonio Industrial es uno de los temas más actuales, sobretodo en las ciudades caracterizadas por un importante pasado industrial, y que en los últimos años están cambiando su identidad para crear una nueva imagen.

Las fábricas antiguas presentan características muy peculiares que deberían ser aprovechadas al máximo para contestar a las exigencias de confort exigidas por el nuevo uso que se les da.

El trabajo enfoca la atención sobre el tema de la iluminación natural, siendo una de las características más interesantes de los edificios industriales antiguos y uno de los aspectos de confort más importante y difícil de controlar y diseñar.

Enfrentarse con una construcción antigua con determinadas peculiaridades y buscar la manera de poderlas aprovechar adaptándolas a las nuevas exigencias de la sociedad y del nuevo uso, es una ocasión única y estimulante: mantiene vivo el pasado de las ciudades, ayuda a reducir parte de los consumos energéticos del sector de la edificación debidos a los costes de construcción, crea nuevos espacios caracterizados por la coexistencia de elementos antiguos y nuevos.

## 1.2 Estructura y metodología del trabajo

Después de la introducción, la segunda parte define el marco teórico dentro del cual se encuentran los temas desarrollados.

El capítulo 2.1 empieza por un *excursus* histórico sobre las fábricas como edificios industriales, sobre la aparición de esta nueva tipología de construcción, definiendo las necesidades y las razones que han llevado a la sociedad del pasado a buscar nuevas formas de edificios para la producción. A partir de esto, se analizan además las distintas tipologías que se han sucedido a lo largo del tiempo con los avances y progresos de los sistemas de producción.

Después de tratar de la aparición del edificio - fábrica, se intenta situarlo en el contexto físico y social en el cual se encontraba, con sus consecuencias en la ciudad, en el entorno urbano y en la sociedad, y al mismo tiempo como ha sido afectado su desarrollo y sus características por los eventos históricos y sociales.

El capítulo 2.2 se inserta ya en la situación actual, y trata de la nueva tipología de edificios que la nueva sociedad exige: los equipamientos dentro de la ciudad. Esta nueva necesidad, que bien refleja la nueva sociedad de la información en la cual estamos viviendo, cambia la organización del espacio físico donde se desarrolla nuestra vida, requiriendo nuevas tipologías de edificios, y sobre todo con contenidos totalmente nuevos. Estos cambios y los avances de la tecnología y de los sistemas de producción, conllevan al abandono de las fábricas.

El capítulo 2.3 junta las dos reflexiones anteriores, y trata de la rehabilitación de los antiguos edificios productivos para asignarles un nuevo uso que responda a las nuevas exigencias que requiere la nueva sociedad. Se explica la sostenibilidad de esta

operación, que aprovecha construcciones interesantes del punto de vista arquitectónico y testigos del pasado, y que permite ahorrar en el sector de la edificación, que representa uno de los más consumidores de energía, sobretudo en la fase de construcción.

Se presentan además los casos de Barcelona y Torino, ejemplos emblemáticos de esta actitud.

En la tercera parte se profundiza el análisis de las dos principales tipologías de fábricas antiguas: las fábricas de pisos y las naves industriales.

La metodología utilizada en este apartado, prevé por cadauna de las dos tipologías una primera explicación en forma discursiva de las características arquitectónicas, funcionales, de distribución, etc... y las ventajas e inconvenientes que presentan bajo distintos puntos de vista:

- la inserción en la trama urbana
- los costes de construcción
- los sistemas de climatización
- la estructura
- los materiales
- la destinación de uso
- la distribución y la movilidad de los usuarios
- la respuesta del edificio a incendios y derrumbes
- la flexibilidad y la posibilidad de ampliación
- la amplitud del cuerpo fábrica
- la ventilación natural
- la iluminación natural
- las aberturas
- los cristales

La intención es la de adquirir un conocimiento más detallado del funcionamiento del antiguo edificio, para poder enfrentarse de manera más consciente al proyecto de rehabilitación, pudiendo aprovechar al máximo las ventajas que ofrece el edificio.

Esta parte se concluye con una tabla gráfica de resumen comparativo de los puntos descritos anteriormente de manera discursiva.

La cuarta parte trata el tema de la iluminación natural en la rehabilitación.

El cambio de uso de un edificio conlleva casi siempre un cambio de organización de su espacio para adaptarse a las nuevas exigencias a las cuales tiene que responder. Siendo las fábricas caracterizadas en la mayoría de los casos por plantas libres y espacios diáfanos, casi seguramente la adaptación de estas construcciones a nuevos usos, exige una compartimentación total o parcial de su espacio interior.

Así se intenta inicialmente analizar la repercusión que puede tener una operación de compartimentación en un espacio anteriormente libre.



Una vez tomada consciencia de los efectos que puede llegar a dar una subdivisión del espacio, se escojen unos cuantos ejemplos de fábricas rehabilitadas en las ciudades de Torino y Barcelona según las posibilidades de acceso a ellas.

La metodología utilizada para este segundo análisis, prevé para cada ejemplo propuesto la descripción de las características del edificio antiguo, y luego esquemas de estudio de las estrategias del proyecto de rehabilitación de cada uno, focalizando la atención en las repercusiones que llega a tener la compartimentación en planta y en sección sobre la iluminación natural de los espacios.

La quinta parte finalmente propone un análisis más profundo de un caso estudio específico.

El edificio escogido es la Escola BAU de Disseny de Barcelona, antiguo almacén de trapos de Francisco Munné. De este edificio se analiza la iluminación natural a través de cálculos a mano, simulaciones con el programa *Dialux*, y una serie de mediciones in situ que permiten entender el actual funcionamiento de la escuela.

Se introducen finalmente las variables espacio – tiempo, que ayudarán a tomar más consciencia de la importancia de estos factores en la percepción lumínica de un espacio.

### **1.3 Objetivo del trabajo**

El presente trabajo intenta analizar que oportunidades ofrecen las fábricas antiguas para una rehabilitación y adecuación a un nuevo uso de equipamientos para las ciudades.

Se intenta estudiar qué estrategias de proyecto resultan más o menos favorables teniendo en cuenta las nuevas exigencias de confort requeridas por la nueva sociedad y el nuevo uso, analizando el edificio en su complejidad.

Se enfoca el análisis en la necesidad de compartimentación del espacio principal, las posibles distribuciones y organización espacial del interior y su repercusión en la iluminación natural.





## 2.1 LAS FÁBRICAS

### 2.1.1 La Revolución Industrial

Los edificios industriales empezaron a aparecer a partir de los finales del siglo XVIII y representan la testimoniancia del pasado de muchas ciudades europeas.

Fue con la Revolución Industrial que empezaron a cojer fuerza algunos conceptos cuales la prefabricación, la estandarización, la industrialización, la cantidad frente a la calidad artesanal, la competitividad... y con ella también empezaron a cambiar las exigencias y las necesidades de la nueva sociedad industrializada.

Innovaciones como la producción en serie de elementos de la construcción, la viga de hierro [1], el ensamblaje como sistema constructivo, permitieron la aparición de varios ejemplos de arquitectura en hierro, como mercados, fábricas, puentes,...la que hoy llamamos arquitectura industrial [2].

Se trata de un nuevo tipo de edificio que apareció con la nueva organización del trabajo que la industrialización conllevó.

Las características más importantes en el nuevo sistema de producción eran:

- El uso de energía externa, hidráulica o de vapor;
- La concentración en un mismo lugar de muchos trabajadores;
- La división del trabajo y la remuneración de un sueldo;
- La ruptura con el sistema de trabajo familiar.

La fábrica como nuevo tipo de edificio, tenía que facilitar estas nuevas formas de producción y buscar la máxima productividad. Por eso solían tener espacios interiores grandes y transparentes, caracterizados por una importante flexibilidad en la disposición de las máquinas, permitiendo así una movilidad máxima de personas y productos.

Siendo la funcionalidad el principal objetivo de la tipología constructiva, esa dependía en cada caso del tipo de producción que se realizaba, determinando diferencias estructurales y organizativas en las varias fábricas.

Además las diferentes tipologías del patrimonio industrial han seguido la evolución de la industrialización que a su vez está conectada con la evolución de la tecnología.

Se pueden definir tres períodos correspondientes con la historia de la industrialización[3]:

- 1- Siglo XIX: las energías principales eran el vapor y la hidráulicomecánica, predominaba el sector textil y se utilizaba el hierro fundido para las estructuras y las máquinas. En Barcelona se considera la fábrica Bonaplata como la pionera que incorporó en el año 1833 una máquina de vapor como fuente de energía.
- 2- Finales del siglo XIX: se empieza a usar la electricidad como energía dominante, se introducen el hormigón armado y el acero como nuevos

materiales de construcción, y se utilizan en nuevas fábricas como las químicas, las electrometalúrgicas, o de automóviles.

- 3- A partir de los años Sesenta: período dominado por la electrónica, con la incorporación en las máquinas de motores eléctricos, y la introducción de nuevos materiales, por ejemplo el plástico, que influyen también en un cambio de los objetos de uso cotidiano.

Todavía estamos en este tercer período, aunque el avance tecnológico de la información está transformando totalmente el sistema económico y productivo.

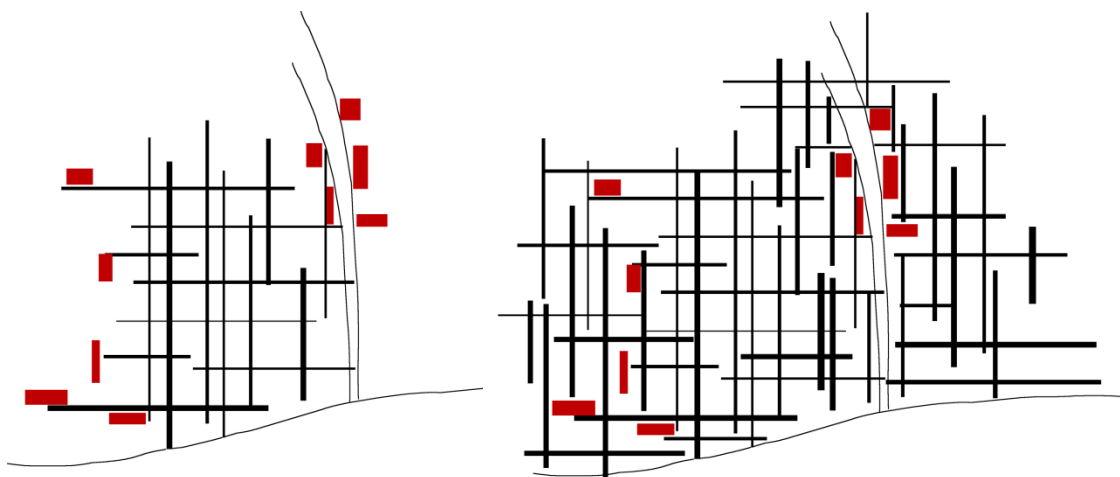
### 2.1.2 La industria y la ciudad

Hasta la Revolución Industrial muchas actividades se resolvían dentro de la arquitectura doméstica, y solo el lugar del mercado necesitaba a veces una estructura arquitectónica especial.

Con el aumento de la necesidad de intercambio, y de la cantidad de personas destinadas a una misma actividad en un mismo lugar, se empezaron a plantear lugares de trabajo para mucha gente.

La concentración de industrias afectó sobretodo aquellas ciudades donde el acceso a las materias primas y a los recursos energéticos como el agua era favorecido y ahí empezó entonces una ocupación de suelo.

Con el crecimiento demográfico y la mayor demanda de suelo edificable y de viviendas, las fábricas que inicialmente se encontraban en la antigua periferia, quedaron engullidas en la red urbana moderna.





Este modelo urbano compacto de industria y ciudad, empezó a enseñar sus límites e inconvenientes: impedía una posible expansión de las manufacturas, causaba problemas de contaminación atmosférica y acústica de las industrias sobre las condiciones de vida de los residentes, dificultaba la movilidad y además aumentaba la probabilidad de explosiones en zonas habitadas.

Al principio del siglo XX, con el avance tecnológico, las nuevas fuentes energéticas como la electricidad, las telecomunicaciones y la electrónica, cambiaron muchos aspectos de la organización del trabajo y de la producción, y como consecuencia cambió también la relación entre industria y ciudad.

Se empezaron entonces a introducir modelos de planificación zonal, destinando zonas y polígonos periféricos para las fábricas: las industrias empezaron a abandonar los centros de las ciudades, sea por el cierre de la producción, sea por el traslado en las afueras.

Así que empezaron a aparecer espacios industriales ya obsoletos y que ocupaban parcelas valiosas, favoreciendo la posibilidad de especulación sobre estos suelos convertidos en centrales: hay varios ejemplos de edificios fabriles derribados y que dejaron el paso a bloques estandarizados de pisos, a aparcamientos, edificios de oficinas, etc...

### 2.1.3 El cambio de confort

A lo largo del tiempo, las condiciones requeridas en el interior de los edificios ha ido evolucionando con más o menos rapidez según las posibilidades prácticas de conseguir y perfeccionar las herramientas necesarias para satisfacerlas (por ejemplo, la obtención de combustible para calentarse).

La edificación nació por la necesidad de protegerse frente las condiciones exteriores, con el objetivo de responder a exigencias mínimas de confort en el interior.

La Revolución Industrial causó un gran cambio en los modelos de edificación y en la sociedad: las ciudades empezaron a crecer gracias a los nuevos motores cuales la energía y el transporte y, como consecuencia, fueron aumentando los niveles de confort exigidos en el interior.

En las fábricas solían trabajar exclusivamente los hombres, pero fue con las guerras mundiales, y sobretodo en America con la segunda, que se produjo una nueva revolución industrial: a medida que los hombres eran llamados a las fuerzas armadas y se iban al extranjero para luchar, quedaban disponibles para las mujeres los trabajos especializados anteriormente destinados a los hombres.

Debido a las circunstancias, este nuevo rol de las mujeres fue aceptado socialmente: podían contribuir al esfuerzo bélico dándoles por eso un sentido de satisfacción, y viendo disminuir la dependencia económica en los maridos, muchas mujeres empezaron a trabajar en las fábricas.



Rosie the Riveter es un icono cultural de los Estados Unidos, símbolo de las mujeres que empezaron a trabajar en las fábricas durante la Segunda Guerra Mundial, reemplazando los hombres que eran llamados a las fuerzas armadas. Este icono es comúnmente usado como símbolo del feminismo económico de las mujeres.

La posición recién adquirida por las mujeres se vio de todas formas amenazada con el regreso de los hombres de la guerra, aunque todo esto sirvió como estímulo para el movimiento de liberación femenina de los años sesenta.

La entrada de las mujeres en las fábricas, produjo un incremento de las exigencias de confort, de salubridad del lugar y conllevó una mejora de las condiciones en el lugar del trabajo, sobretodo a nivel de ventilación.

Al principio del siglo XIX se creía que la falta de confort era debido a un “mal aire”, y el problema de la ventilación en las fábricas fue en el centro de atención durante todo el siglo.

Hasta que los edificios industriales eran estrechos y con muchas aberturas, los trabajadores siempre podían estar cerca de las fuentes de aire fresco y limpio. Con el cambio de la forma de la fábrica y su ampliación, las ventanas empezaron a ser insuficientes para permitir condiciones adecuadas, y además fueron apareciendo nuevos procesos de producción que emitían más polvo, humo, contaminación.

Se introdujo inicialmente el extractor eléctrico, y posteriormente se incorporaron sistemas de ventilación mecánica, descubriendo que esta mejora podía llegar a suponer un aumento del 10% en la producción.

En los años 30 se introdujo el aire acondicionado refrigerado, permitiendo mantener los edificios en temperatura y humedad confortable a lo largo de todo el año.

Si hasta ese momento las fábricas solían ser estrechas y llenas de ventanas, facilitando la iluminación y la ventilación natural, el uso de la luz eléctrica y del aire acondicionado hicieron factibles la construcción de edificios de oficinas sin ventanas, de varios pisos de amplias plantas, climatizados mecánicamente.

Hoy en día, este proceso sigue siempre más rápido, y se exigen condiciones ambientales interiores adecuadas para cada actividad humana (temperatura, humedad y calidad del aire), y se dispone de distintas herramientas consumidoras de energía para distintas funciones (alimentación, limpieza, iluminación, calefacción y refrigeración, ...).

La satisfacción de los niveles de confort depende de las condiciones exteriores del lugar, pero también de factores culturales, del nivel de desarrollo tecnológico y de la economía del lugar. Todos estos factores influyen sensiblemente en el consumo, que varía en función de ellos.

*“Este aumento es mayor en los países desarrollados y con mayor PIB, debido a los costes económicos que conlleva el consumo de energía, tanto en el ámbito público como en el ámbito privado” [4].*

Por el incremento de la cantidad de edificaciones, y de los sistemas cada vez siempre más necesarios para su funcionamiento, este sector se está convirtiendo en uno de los mayores consumidores de energía.

## 2.2 LOS EQUIPAMIENTOS

### 2.2.1 La era post-industrial y la nueva sociedad de la información

La sociedad actual, llamada sociedad de la información, se caracteriza por continuos avances científicos, por la tendencia a la globalización económica y cultural, por la difusión masiva de la informática, la telemática y los medios audiovisuales de comunicación: *“frente a una primera revolución industrial sustentada en la máquina de vapor, y una segunda apoyada en la utilización masiva de la electricidad, la actual tercera revolución (que supone el auge del sector terciario) tiene como núcleo básico y materia prima la información” [5].*

Las nuevas tecnologías de la información y las continuas innovaciones han causado cambios a nivel económico, social y laboral, creando nuevas formas de concentración territorial, antes dictadas por la industrialización: en la ciudad determinados espacios urbanos presentan una fuerte hegemonía en la producción de conocimientos e innovaciones, con la concentración de empresas de alto contenido tecnológico, como el caso de los laboratorios de I+D+i.

De hecho desde el 1975, con la crisis económica e industrial, se tuvo que reconocer que la producción masiva y estandarizada que ofrecía el modelo fordista no podía responder a la transformación del mercado de los artículos de consumo.

Estaba tomando siempre más fuerza la clase media, y con ella la demanda de productos que iban más allá de la satisfacción de las necesidades básicas y hubieron varios cambios que dieron lugar a un nuevo modelo económico y urbano conocido como sociedad post-industrial, que a nivel de organización urbana consistió en la pérdida de protagonismo de la industria como factor de urbanización a favor de las actividades terciarias.

### 2.2.2 Hacia la terciarización de la economía: los equipamientos

Estamos en la era de la terciarización económica, donde crecen constantemente las actividades clasificadas como servicios, sobretodo en las ciudades más industrializadas.

Lo que ha cambiado es la organización productiva, que requiere ahora una cantidad mayor de servicios inmateriales y recursos intangibles, aunque siga siendo el soporte de una producción real y material.

A medida que las ciudades dejaban de ser centros de producción masiva, empezaron a erigirse en centros de decisión y de consumo, con estrategias de planificación urbana como la organización de grandes eventos, la potenciación del turismo, la reconversión de los antiguos centros industriales, la atracción de grandes empresas, etc. y empezaron a proporcionar todos los servicios y los equipamientos que este nuevo objetivo necesitaba.

Según un estudio llevado a cabo por R. Tello, S. Martínez y A. Boba (2000) en Barcelona entre el 1970 y el 1986 se perdieron 249.861 empleos en el sector industrial y se crearon 16.532 en el sector terciario. Entre 1986 y 1996 se destruyeron 92.336 empleos industriales y se crearon 241.371 en el sector servicios [6] .

A parte de este tipo de terciarización a servicio de la actividad productiva, empiezan a aparecer nuevos tipos de servicios: los que están relacionados con el transporte, con el entretenimiento, los espectáculos, el turismo, con actividades de ocio y consumo: *nuevos objetos urbanos* (Cicollella, 1999) o *artefactos urbanos* (De Mattos, 1998), etc.

Según José Ramón Lasuén, hoy los servicios quiniarios, que incluyen los siguientes sectores: audiovisual, medios de comunicación, edición, artes escénicas, museos y patrimonio histórico, son los que generan directamente más ocupación y mejor remuneración a las ciudades más desarrolladas y que han sido la causa del nacimiento de las grandes metrópolis contemporáneas, en las cuales estos servicios alcanzan más de un tercio de la ocupación total. Los medios audiovisuales de hecho representan una herramienta muy fuerte de promoción de las ciudades, rendiéndolas atractivas para el público.

Los sectores culturales en Barcelona en el año 2000 (en millones de euros)

	Facturación	%	Ocupación	%
Edición	4.121,4	74,7	18.313	62,9
Artes Plásticas	38,3	0,7	884	3,0
Artes Escénicas	143,4	2,6	1.611	5,7
Audiovisual	782,6	14,2	4.276	14,7
Música	149,4	2,7	1.741	5,8
Patrimonio	267,8	4,8	1.456	5,0
Bibliotecas	16,5	0,3	838	2,9
TOTAL	5.519,4	100	29.119	100

Estudio de SVP.

En los últimos años la cultura y la información se han transformados en los elementos centrales para las políticas territoriales, los nuevos factores de regeneración urbana, de revitalización de centros urbanos y de creación de empleo: las ciudades quieren atraer visitantes y también los residentes a través de la recuperación del patrimonio histórico y de la dotación de equipamientos culturales, dos elementos considerados como recursos para el desarrollo económico y social y para la nueva economía.

Para su desarrollo, la ciudad del conocimiento utiliza estrategias para la difusión de las tecnologías avanzadas y para favorecer la producción del conocimiento, como por ejemplo la creación de polos tecnológicos, o la transformación de un área con un pasado industrial en área de nueva economía: el proyecto 22@ en Barcelona es un ejemplo de área convertida en un distrito de actividades en el ámbito del conocimiento, de la creatividad e de la innovación.

### 2.2.3 Los nuevos espacios en la ciudad

Debido al rápido avance de la tecnología, a los cambios de las maquinarias que permitieron aumentar la producción reduciendo el número de empleados, y varios otros factores conectados con la crisis de la economía tradicional, los trabajadores empezaron a tener más tiempo libre, y las ciudades tuvieron que cambiar sus estrategias para responder a nuevas exigencias, a una nueva cultura del ocio y del consumo, a la necesidad de espacios de recreo y culturales dentro del tejido urbano.

Los equipamientos tienen un gran potencial, la capacidad de ser espacios públicos, según la relación que consigan establecer con el entorno urbano físico y social: su apertura, la creación de espacios de transición y de espacios ciudadanos de intercambio, la mejora de áreas urbanas, y también la potencialización y animación del área circundante.

Estos nuevos equipamientos tienen que garantizar la accesibilidad, la seguridad en el interior y del entorno inmediato, su arquitectura tiene que ser atractiva, crear identidad y dar prestigio. Suelen tener un carácter multifuncional e integran funciones complementarias, para abrir más posibilidades de éxito: espacios de formación, de comercio, de carácter social, servicios de comunicación o transporte, equipamientos turísticos, etc.

Algunos ejemplos de estos equipamientos son: archivos, bibliotecas, museos, espacios escénicomusicales, espacios de artes visuales, centros culturales polivalentes, equipamientos de nueva generación, teatros, auditorios, etc.



**Tabla 4. Equipamientos per tipología en Catalunya (2009)**

<b>Equipamientos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Archivos	278	7,8
Bibliotecas	453	12,7
Museos, colecciones y centros patrimoniales	492	13,8
Equipamientos escénicos y musicales	436	12,3
Espacios de arte, salas de exposición	263	7,4
AlOtros equipamientos	548	15,4
Centros culturales	1.084	30,5
<b>Total</b>	<b>3.554</b>	<b>100,0</b>

Plan de Equipamientos Culturales de  
Cataluña 2010-2020. **PECCat.**

Se empezaron a convertir los antiguos y obsoletos espacios industriales en equipamientos, zonas verdes o viviendas sociales, y la industrialización dejó así el paso al rápido proceso de terciarización, mientras que las industrias se desplazaron al extrarradio.

Este cambio conllevó una reducción de la contaminación al interior de la ciudad, que obtuvo seguramente una ganancia desde el punto de vista ambiental, y además abrió nuevas posibilidades de rediseño de nuevas estrategias en el aspecto urbanístico.

Por el otro lado, se han llevado al cabo algunas intervenciones que han contribuido a deteriorar la memoria histórica de las ciudades, imposibilitando los habitantes del presente a reconocer el entramado de su pasado.

Muy pocas construcciones recuperadas mantienen al día de hoy una función fabril o alguna función relacionada con la actividad inicial, mientras que muchos acogen ahora una gran variedad de funciones: escuelas, espacios lúdicos, instituciones, fundaciones culturales, talleres de artistas o viviendas tipo *loft*, hasta centros comerciales, etc...

## **2.3 LA REHABILITACIÓN COMO PASO SOSTENIBLE**

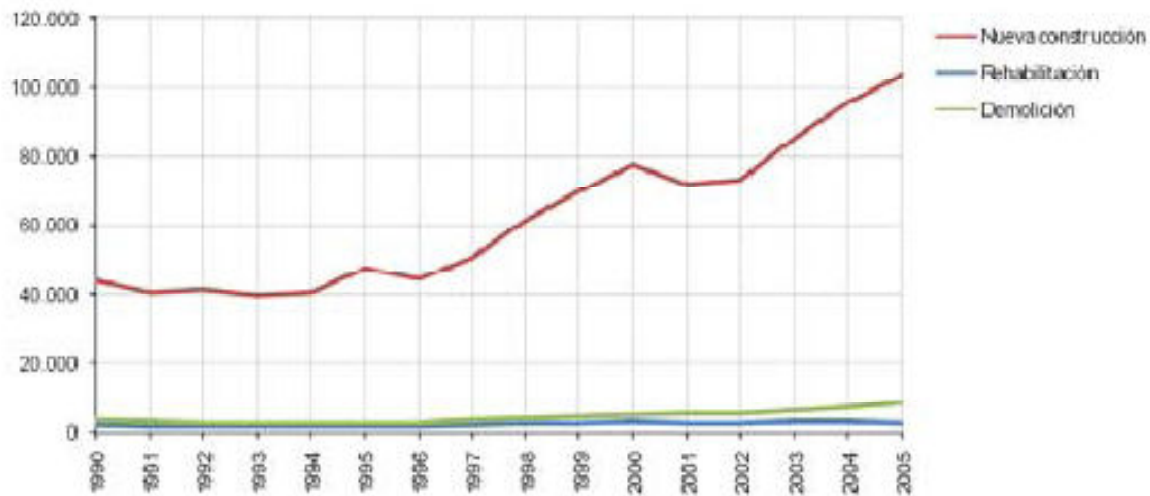
### **2.3.1 El sector de la edificación como consumidor de energía**

El sector de la edificación representa uno de los mayores consumidores de energía, por eso se considera necesaria la rehabilitación como acción útil para reducir los consumos energéticos.

A causa del aumento exponencial de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y del consecuente cambio climático que estamos viviendo, han sido realizados varios estudios sobre las posibilidades de reducción de estas emisiones.

En España, que se queda por debajo de un 25% de rehabilitación respecto a la obra nueva, la energía usada en los edificios produce una quinta parte de las emisiones nacionales, y entre estas la construcción de nuevos edificios, que implica la fabricación

continúa de materiales, supera muy por encima los niveles de referencia, llegando a representar el sector donde más habría que intervenir para la lucha contra el cambio climático.

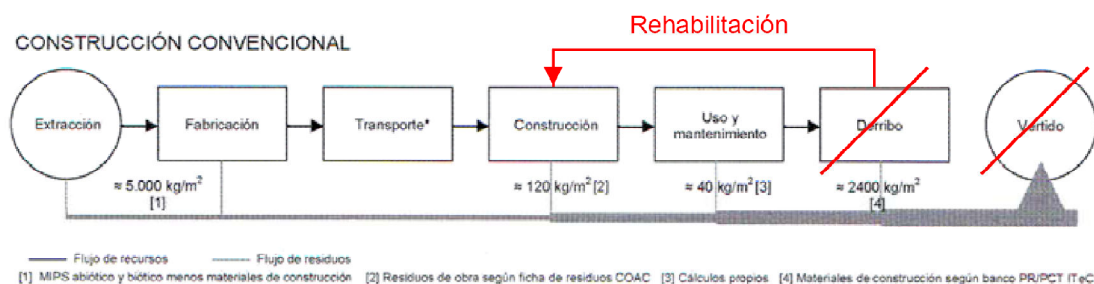


Evolución de las superficies construidas, rehabilitadas y demolidas de edificios (miles de m<sup>2</sup>) [7].

Según varios estudios, los costes de producción, que en el “ciclo global de la edificación” incluyen la extracción y el tratamiento de los materiales, el transporte y la puesta en obra, son sensiblemente mayores de las fases de uso y mantenimiento.

*“Se considera que para la construcción de 1 m<sup>2</sup> de edificio el consumo energético es al menos 20 veces superior al necesario para su funcionamiento a lo largo de todo su ciclo de vida útil” [8].*

Por estas razones y muchas más, resulta necesario y conveniente recuperar edificios existentes, considerar el parque existente como una fuente de “recursos” adaptándolo a las nuevas condiciones de confort que la sociedad actual pide, mientras que el derribo solo los convertiría en residuos.



Esquema de fases del ciclo de vida de la construcción y de la rehabilitación (en rojo) [9].

*“En líneas generales, la reutilización de edificios conlleva importantes ventajas medioambientales, sociales y económicas. Reciclar es un acto fundamental en favor de un desarrollo sostenible.(...) Uno de los beneficios más importantes en la reutilización de un edificio antiguo es la retención de de la “energía contenida”, es decir, la energía consumida por todos los procesos asociados a la edificación (obtención de materia prima, anufactura de materiales y equipos, transporte). Sólo por el hecho de preservar esta energía, un proyecto arquitectónico de*

*reutilización es más sostenible y ecológico que cualquier proyecto de nueva construcción y, al mismo tiempo, más económico a largo plazo.” [10].*

En una entrevista publicada en la revista *Habitat Futura* del mes de Abril 2011, Margarita de Luxán García de Diego, D.ra Arquitecta y catedrática de la ETSAM, UPM, y Gloria Gómez Muñoz, Arquitecta del Estudio CC60, afirman: *“Si tenemos en cuenta el coste energético de fabricación de un edificio, desde el punto de vista de la contabilidad energética siempre resultará más favorable la rehabilitación. Nuestros números nos indican que rehabilitar un edificio puede suponer un ahorro energético del 60% respecto a derribarlo y construir uno nuevo, y además evita numerosos impactos ambientales. Para este cálculo es fundamental considerar la vida útil del edificio como un factor determinante para comparar diferentes soluciones.”*

El reuso de edificios existentes es uno de los primeros pasos sostenibles en el sector de la edificación.

### **2.3.2 La recuperación de espacios industriales y su reutilización como equipamientos**

Varios factores sociales y económicos llevaron al abandono de muchas sedes de las actividades industriales, desde el cambio del coste de trabajo, a las nuevas tecnologías de producción, a los transportes, etc.

Con la Segunda Guerra Mundial muchas fábricas desaparecieron, por derrumbe o sustitución y muchas sufrieron los desastres de la guerra. Así empezó en Europa un movimiento de concienciación hacia la importancia de la conservación de este patrimonio industrial, asignándole un valor histórico y estético.

El movimiento de defensa del patrimonio industrial empezó en los años 50 en Inglaterra, después de los daños de guerra, y en el 1955 el historiador británico Michael Rix acuña el término *arqueología industrial* para definir el estudio sobre los restos de la revolución industrial; hoy, gracias a la inclusión de antiguas fábricas en la lista del Patrimonio de la Humanidad UNESCO, este proceso de valorización sigue aumentando.

Esto fue posible también gracias a los fuertes movimientos vecinales de los años setenta y ochenta, y gracias a una siempre mayor sensibilidad por parte de los ciudadanos hacia el patrimonio industrial.

Todas estas industrias representaban grandes superficies y volúmenes, inmersas en el tejido urbano, utilizables para la transformación de la ciudad, y además daban la posibilidad de incrementar el valor de la zona gracias al cambio de destinación de uso del lugar.

Los espacios fabriles ofrecen un gran abanico de posibilidades de reutilización para los arquitectos más innovadores. Las grandes naves diáfanas bien iluminadas y los inmensos espacios diáfanos permiten varias actuaciones: *“además de museos, las factorías rehabilitadas pueden ser utilizadas para albergar espacios culturales o de*

*exposición, para viviendas, como espacios administrativos o como lugares comerciales”* (investigadora Inmaculada Aguilar).

La recuperación de edificios en desuso y sus adaptación a la nueva sociedad, a parte de preservar la memoria colectiva del lugar y mejorar el futuro de los habitantes del barrio y/o de la ciudad, crea dinamismo en su entorno y puede actuar como núcleo de reordenamiento urbano, creando una variedad visual en áreas a veces desfavorecidas.

Cada era deja rastros palpables, y la era de la industrialización también ha dejado su huella gracias a las fábricas, las industrias, los modos de producción y las técnicas correspondientes, testigos de la historia social y económica de otra época. Con la rápida evolución de nuestra sociedad, muchos objetos y sistemas productivos han quedado obsoletos, sin uso, y la cuestión que hay que plantarse es cuáles bienes hay que conservar y reutilizar.

En los años setenta se ha afirmado la aceptación del patrimonio industrial como parte de nuestro pasado histórico y cultural, y a continuación la voluntad de la revalorización de ello. También hay que considerar la influencia que tuvo en este proceso la crisis económica de los años sesenta, que se enfrentó con la presencia de grandes áreas industriales o pequeñas fábricas ubicadas dentro el tejido urbano, ya inadecuadas o sin uso.

De aquí, empezaron los planteamientos de las administraciones municipales y estatales de derribo, conservación, o reconversión de estas piezas de ciudad.

Otro factor muy importante para el tema de la rehabilitación es la concepción de perdurabilidad y resistencia al paso del tiempo que antes caracterizaba las edificaciones.

Actualmente las nuevas técnicas constructivas se repercuten sobre la vulnerabilidad de las construcciones: los muros son elementos fácilmente intercambiables y todo el edificio debe de poder adaptarse a cada nueva innovación.

Desde este punto de vista resulta entonces necesario conservar los edificios perdurables recibidos del pasado, y es fundamental tener una visión integral de la intervención, considerar el edificio junto con su entorno físico y con el tejido social que se ha creado a lo largo del tiempo gracias a la presencia de la fábrica, conservar la memoria que se ha ido construyendo en el entorno a lo largo de la vida útil del edificio.

Hay que reconocer que en los últimos años en varias ciudades se está aceptando el Patrimonio Industrial como una ocasión para crear nuevos usos, mantener memoria del pasado pero a su vez cambiando y actualizando la imagen de la ciudad.

Estas ciudades de hecho se tienen que enfrentar con un tejido urbano caracterizado por partes o puntos por la presencia de fábricas abandonadas, que ya han perdido su uso inicial.



En algunos casos el resultado a lo largo de los años ha sido el derribo de estas edificaciones, pero hay varias experiencias que demuestran como se puede aprovechar de estos lugares, portadores de memoria colectiva, adaptándolos al mismo tiempo a nuevos usos para los habitantes.

Dos ejemplos muy emblemáticos de esta actitud, son las ciudades de Barcelona y Torino, que por algunos aspectos han tenido una historia parecida.

Ambas han representado puntos de referencia por la industria del propio país entre finales del siglo XVIII y mitad del siglo XX, después empezó el período de desindustrialización que ve el abandono de muchas fábricas por cierre o por deslocalización [11].

La ocasión de gran cambio de identidad para las dos ciudades, que ha permitido empezar a construir la imagen con la cuál hoy se presentan al mundo, fueron los juegos olímpicos, y ambas fueron capaces de aprovecharla al máximo como empuje hacia una renovación total de la organización espacial y del desarrollo urbano.

### 2.3.3 El caso de Barcelona

En Barcelona, que hasta mediados del siglo XIX, se definía como el “Manchester Catalán” [12] el año 1960 [13] puede ser considerado el último aliento de una alta producción industrial, definido por algunos el año de la desindustrialización.

Se puso en marcha un nuevo planteamiento urbanístico que preveía la reubicación de las zonas destinadas al desarrollo industrial, estableciendo así lugares periféricos estratégicos, creando nuevos polígonos industriales en la periferia de la ciudad, como por ejemplo la Zona Franca [14] que por su óptima conexión a las infraestructuras de transporte se convierte en una de las áreas industriales mejor conectada del mundo.

El desplazamiento de la concentración industrial tiene varias consecuencias en la ciudad, representando la ocasión para algunos barrios como el Poble Nou de poder redefinir su imagen.

En los años ochenta de hecho en Barcelona hubo lugar una reestructuración de la morfología de la ciudad, que acompañó la terciarización de la economía, hasta llegar a representar una referencia extraordinaria, por el conocido “*Modelo Barcelona*”, que se basa en actuaciones públicas que atraen al sector privado, con la administración pública promotora de la inversión privada, favoreciendo de esta manera la producción de una “imagen” de la ciudad.

En el 1992 Barcelona es sede de los Juegos Olímpicos. Este año ayuda ese proceso ya empezado de una renovación progresiva, que ve proyectos de rehabilitaciones y transformaciones de zonas obsoletas, del espacio urbano y natural, incluyendo en la planificación urbana zonas limítrofes como Poble Nou, que se fue enriqueciendo funcionalmente.

En el 1999, Barcelona fue elegida como lugar para el evento internacional “*Forum Universal de las culturas*” y las transformaciones interesaron directamente el barrio de Poble Nou, con intervenciones caracterizadas por atenciones medio ambientales.

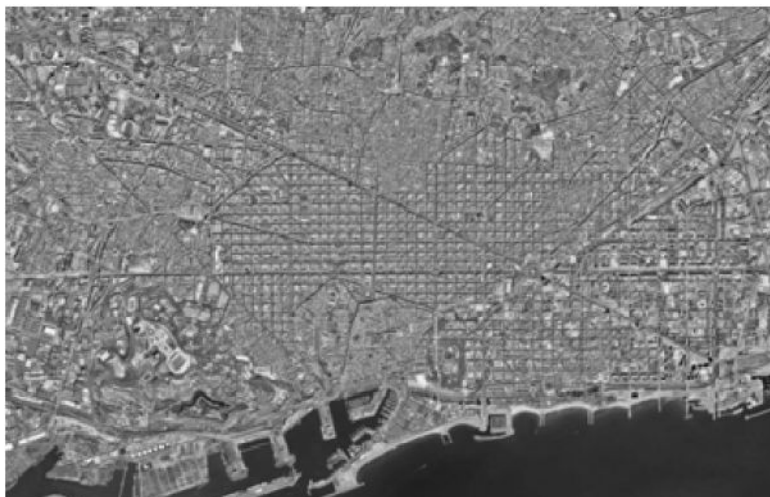
En el 2001 el Ayuntamiento de Barcelona aprueba el “*plan 22@*” [15] para la renovación de áreas industriales en el barrio de Poble Nou. Es en este contexto que se encuentran uno de los ejemplos más interesantes de rehabilitación de fábricas antiguas, algunos de los cuales se analizarán en este trabajo [16].



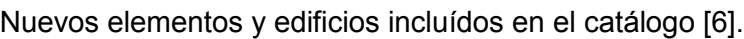
Plano de Barcelona y su entorno, 1740.



Plano de Barcelona y su entorno, Plan Cerdà 1860.

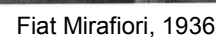
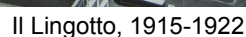


Plano de Barcelona y su entorno, 2005.



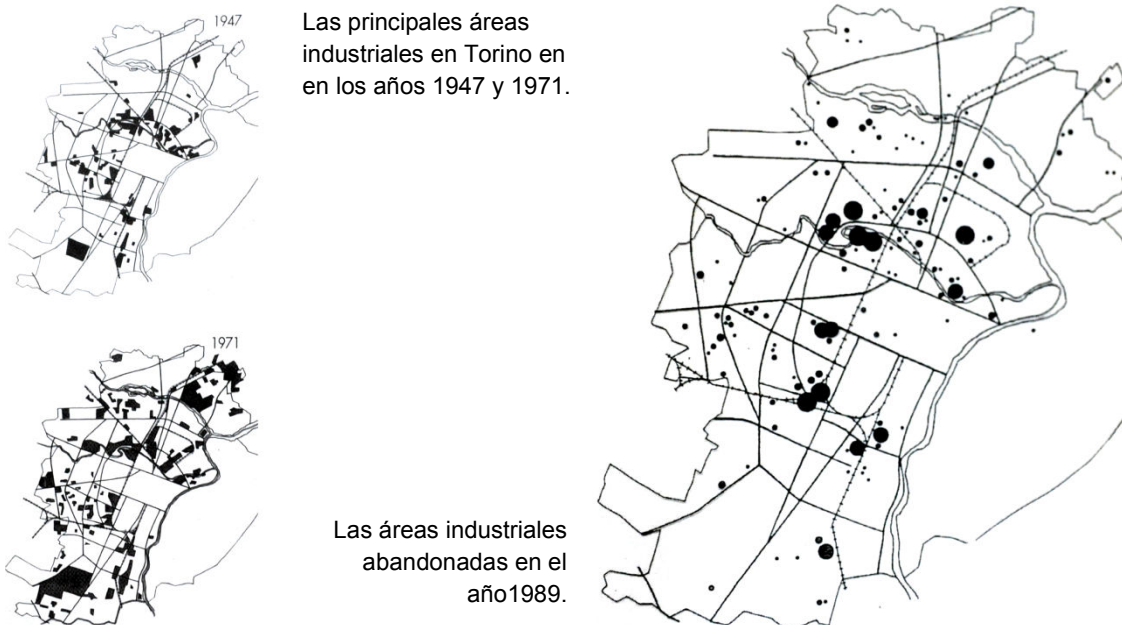
La ciudad de Torino ha sido por muchos años el símbolo de la industrialización italiana sobretodo por ser la sede de la mayor fábrica italiana de coches: la FIAT, que ha determinado la conformación física desde el segundo postguerra hasta finales de los años setenta.

El sistema urbano consistía en un centro barroco y de prestigio, rodeado por grandes áreas industriales, construidas por la familia Agnelli, emprendedores industriales que permitieron dar a conocer la ciudad a todo el mundo por sus fábricas- símbolo del milagro italiano: el Lingotto y la Fiat Mirafiori.





La crisis de los años ochenta que afectó muchas ciudades industriales, afectó también Torino, dejando vacíos millones de metros cuadrados de fábricas que ocupaban la mayor parte de la superficie municipal.



Con la crisis del modelo socio-económico que ya se daba por afirmado, la crisis de empleo y la presencia de grandes áreas vacías, la ciudad tuvo que empezar a buscar una nueva revitalización, cambiar su vocación, buscar un nuevo papel, pensar en nuevas actividades en las cuales confiar para el futuro.

Los numerosos vacíos dentro de la ciudad representaban un área que había que rediseñar, un nuevo reto para las administraciones para reafirmar el sistema urbano, una oportunidad para valorizar el pasado, la ocasión para recalificar la nueva Torino.

Una importante y apreciable intervención fue la Spina Centrale, que aprovechó del eje de la vía férrea para crear un nuevo elemento central dentro de la ciudad, donde aparecerán varios servicios públicos, sustituyendo el terciario a la industria.

La gran ocasión de cambio para la ciudad italiana fue el año 2006, año de los juegos olímpicos de invierno, que permitieron a la ciudad de focalizar la atención sobre una renovación total y la creación de una nueva imagen, de ciudad industrial a ciudad turística.

De hecho las Olimpiadas han creado las condiciones para acelerar esos procesos de renovación urbana que eran necesarios; han servido como amortiguador de la crisis económica, de empleo y social que la reconversión industrial habría en caso contrario determinado: han mejorado las condiciones de accesibilidad de las áreas industriales con grandes intervenciones infraestructurales, han acelerado los tiempos de realización de obras, etc.

En el 2008 en la ciudad de Torino hubo lugar el *XXIII World Congress of Architecture*, primera ciudad italiana en acoger este evento que se reúne cada tres años desde el 1948 para discutir cuestiones relacionadas con la profesión del arquitecto.



En esta ocasión el tema elegido fue "Comunicare Architettura - Transmitting Architecture" [17]. Los temas que se intentaron profundizar fueron varios, entre ellos se discutió sobre el papel que tienen los procesos de transformación y recalificación de los últimos años de las áreas industriales abandonadas sobre las políticas y estrategias de la ciudad y que tipo de relación establecen con las herramientas de planificación; como utilizar el proyecto para transmitir la memoria de la ciudad industrial, de sus edificios, de su forma urbana, de su identidad y como explotar, y no solo conservar, este patrimonio; si tiene sentido o no encomendar la memoria del pasado industrial de un barrio o de una ciudad a unas pequeñas partes o componentes de un edificio, y si tiene sentido mantener la organización del tejido urbano del área industrial para recordar la identidad del lugar.

El enfoque de este debate iba hacia un análisis de las herramientas de planificación que una ciudad utiliza para decidir el futuro del patrimonio industrial, tratando de llegar a cuales tendrían que ser los objetivos de las administraciones para no perder la memoria histórica y al mismo tiempo aprovecharla como recurso físico y social de la nueva ciudad contemporánea.



### Parte 3 \_ **LAS TIPOLOGÍAS DE EDIFICIOS INDUSTRIALES**

Una característica de la industrialización es la homogenización de las tipologías constructiva: en cualquier país se imita el modelo funcional inglés, aunque con la adaptación a las técnicas constructivas locales.

Cataluña y el Norte de Italia son las únicas regiones del Sur de Europa donde el proceso de industrialización empieza durante el primer tercio del siglo XIX. Pero mientras Italia tenía una relación directa con el resto de Europa, Cataluña se caracterizaba por un cierto aislamiento desde el núcleo industrial del continente, siguiendo un paralelismo con la producción externa pero desarrollándose a parte.

Por este mismo aislamiento geográfico, Cataluña presenta una gran diversidad productiva, para responder a todas las necesidades de la nueva sociedad industrial, aunque el textil era el sector industrial dominante. Se trató casi de un laboratorio de varios sectores productivos, quedándose de todas formas en una dimensión de pequeña o media industria.

Muchas de las fábricas de Cataluña además tienen unas características artísticas inusuales en otros países, gracias al impacto del estilo modernista. Otra singularidad del patrimonio industrial de esta región es la implantación de varias colonias industriales [3].

Para enfocar más el análisis, las soluciones propuestas y las conclusiones, se proponen dos delimitaciones: a nivel geográfico se focaliza la atención sobre el Patrimonio Industrial de Barcelona y Torino, por la posibilidad de acceso y experiencia directa.

A nivel funcional, dentro del tema de la rehabilitación, se consideran edificios industriales que han sido adaptados a uso equipamientos, excluyendo así el sector de viviendas, que a parte de haber sido ya desarrollado por varias investigaciones, tiene que responder a estrictas condiciones de confort que están ya muy reglamentadas y sobretodo porque las limitadas dimensiones no siempre permiten considerar la fábrica como un espacio único con determinadas características, aprovechables o menos.

El análisis de las diferentes tipologías existentes, según las características estructurales y formales, permite tener una base para poder plantear su posibilidad de adaptación a nuevos usos y nuevos requerimientos, sean funcionales, de habitabilidad, de confort. Los parámetros arquitectónicos de las edificaciones están estrictamente relacionados con las sensaciones de confort creadas en los usuarios.

Para este análisis, hay que tomar en cuenta los sistemas constructivos, los materiales, los principios estilísticos y compositivos de las fábricas analizadas, focalizando la atención sobre algunos elementos cuales las aberturas en las fachadas, la forma de la cubierta, la estructura, los acabados, y también será importante la inserción del conjunto en el entorno, la disposición volumétrica, la orientación,...

Se pueden clasificar las edificaciones industriales según la organización del espacio de trabajo, que puede ser vertical en varios pisos, u horizontal en una sola planta.

Las dos tipologías presentan ventajas e inconvenientes según los puntos de vista que se analizan, como por ejemplo el coste de construcción y del suelo, la iluminación y la climatización de los espacios, la comodidad y longitud de los recorridos internos, la flexibilidad del conjunto para futuras modificaciones o ampliaciones, etc.

### 3.1 LAS FÁBRICAS DE PISOS

#### 3.1.1 Características generales

Con el avance tecnológico y las nuevas fuentes de energía del siglo XIX, hubieron varias innovaciones que influyeron en el modelo arquitectónico de la industria.

Entre ellas, el motor único condicionó de manera evidente la organización del trabajo al interior de la fábrica. De hecho, el motor único con rueda hidráulica o con máquina de vapor, permitía accionar toda la maquinaria interna, necesitando entonces conexiones verticales y horizontales bien pensadas para el transporte de la energía a todos los puntos necesarios de la fábrica. Fue este sistema de enlaces ortogonales que transformó la organización del espacio de trabajo y en consecuencia la volumetría de la fábrica.

Además de revolucionar la distribución interior, el motor único permitió a las industrias situarse en las zonas urbanas, acelerando el ciclo de producción, distribución y consumo en la ciudad.

Por el alto precio del suelo y las especulaciones, se intentaba aprovechar al máximo el solar, así que los edificios industriales empezaron a crecer en número de pisos y a reducir las alturas libres de cada uno, favoreciendo el aumento de la producción por el mejor aprovechamiento del espacio.

La otra importante innovación que participó a este cambio de modelo, fue el uso de hierro en pilares y vigas: la firma de ingeniería mecánica Boulton & Watt introduce por primera vez en el 1801 las vigas a doble T en la fábrica de algodón Philip & Lee en Salford, alcanzando siete plantas de altura sobre trece naves longitudinales. Ésta se convertirá en el nuevo prototipo durante toda la primera mitad del siglo XIX (...).

Esta tipología, destinada generalmente a albergar industrias textiles, puede considerarse como el primer tipo de fábrica moderna, sin ornamentos ni elementos decorativos, denominada la *estética manchesteriana*.

Suele tener una planta rectangular con una longitud mucho más importante que la anchura, organización que permitía contener las maquinarias utilizadas en el interior, y también obtener una iluminación uniforme en todo el espacio de trabajo, disponiendo las aberturas sobre los dos lados más largos.

El desarrollo en altura contestaba a la exigencia de crear una conexión con un único eje motor vertical, y distintas conexiones horizontales para la transmisión a las máquinas en cada planta.

La ventaja de una distribución de este tipo, es la posibilidad de climatizar el espacio más fácilmente.



La estructura se compone de una retícula de pilares que permiten una cierta flexibilidad y funcionalidad del espacio por motivos organizativos. La imagen de estas edificaciones se caracteriza por las paredes de ladrillo rojizo, las ventanas en fila, todas iguales y repetidas con regularidad, de arista viva, y techos de donde sobresalen enormes chimeneas. En algunas los forjados están constituidos por bóvedas tabicadas, colocando bóvedas de ladrillo entre las vigas de hierro.

### 3.1.2 Ventajas e inconvenientes

#### La inserción en la trama urbana:

Las fábricas de pisos suelen ocupar un solar reducido, conllevando un coste del suelo menor por su desarrollo en altura, y presentan la fachada de mayor dimension expuesta hacia la calle.

- Los costes de construcción y del suelo:

Mayor economicidad porque se aprovecha más el solar, las fundaciones, la cubierta. En el caso de industrias pesadas, la necesidad de sobrecargas sobre los forjados puede conllevar estructuras más caras. Por eso suelen ser destinadas a industrias ligeras (ej. fábricas textiles) que no exigen sobredimensionamiento de la estructura.

- Los sistemas de climatización:

Menor uso de material porque los tubos pueden ser más cortos, además por la relación entre vacío y lleno, este tipo de fábrica puede contar con menores pérdidas a través de los cerramientos.

- La estructura:

El sistema de pilares y vigas es conveniente para industrias ligeras (sobre todo textiles) porque en caso de industrias pesadas, siendo mayor las cargas, la estructura puede llegar a tener costes muy altos.

- Los materiales:

Uso del hierro en pilares y vigas, paredes de ladrillo rojizo, ventanas de arista viva, a veces el forjado está constituido por bóvedas tabicadas, colocando bóvedas de ladrillo entre las vigas de hierro. De los techos sobresalen las chimeneas.



### La destinación de uso:

En general, por tema de costes estructurales, suelen ocupar este tipo de edificio las industrias ligeras, como por ejemplo las téxtiles.

- La distribución y la movilidad de los usuarios:

La distribución es vertical, así que el desplazamiento se obtiene por un sistema mecánico vertical, que se suele preferir al horizontal, aunque los costes pueden ser mayores y se necesitan medios de transportes adecuados.

- La respuesta del edificio a incendios y derrumbes:

Por tema estructurales, este tipo de edificio puede sufrir con más facilidad un derrumbe debido a un incendio, y presenta una dificultad mayor en caso de desplazamiento rápido de los usuarios, sendo la conexión asegurada por un sistema vertical mecánico.

- La flexibilidad y la posibilidad de ampliación:

Estas fábricas suelen ser constituídas por una repetición en altura de espacios planimétricos costantes en forma y dimensión, así que la organización de espacios distintos en cada planta resulta más complicada, mientras que la organización por plantas, aunque más rígida, es automática. La posibilidad de ampliación una vez el edificio esté en uso resulta complicada.

- La amplitud del cuerpo fábrica:

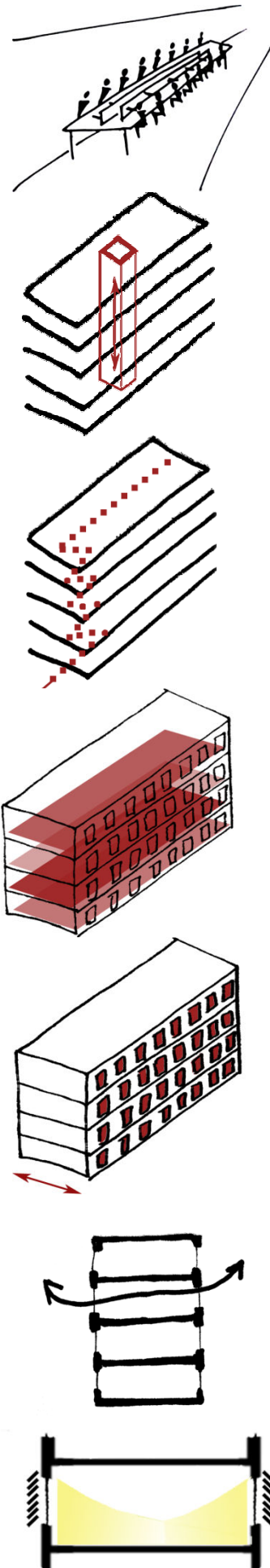
La proporción de estas fábricas suele ser de mayor longitud y más estrechas, porque la exigencia de tener ventanas laterales, limita la posibilidad de ampliar la anchura del cuerpo. La reducción de la iluminación natural en proporción con la distancia de la abertura limita esta dimension.

- La ventilación natural:

La ventilación de los espacios se asegura de manera cruzada, gracias a la presencia de aberturas verticales en ambos lados del cuerpo del edificio.

- La iluminación natural:

Este tipo de distribución en altura conlleva tener una iluminación lateral, por las paredes externas laterales, que limita entonces la anchura del edificio, para que sean



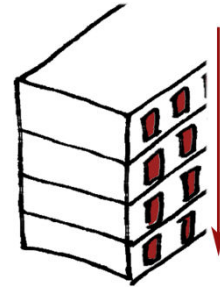
suficientes las aberturas perimetrales. Además las ventanas laterales exigen un sistema de protección solar (sean cortinas, persianas, etc.) que suelen ser de difícil mantenimiento.

- Las aberturas:

Las aberturas, siendo verticales, pueden tener un tamaño mayor con un coste y una estructura inferior.

- Los cristales

Los cristales, siendo verticales, pueden ser de una calidad inferior, porque quedan relativamente poco expuestos a las condiciones exteriores.



## 3.2 LAS NAVES

### 3.2.1 Características generales

Durante este primer período de la arquitectura industrial, se desarrolló otro tipo de fábrica, junto con la de pisos: la nave.

En los casos donde las distintas etapas del proceso de producción no influyen mucho en la distribución del espacio interior, se desarrollaron estas fábricas concebidas como un espacio diáfano, de una sola planta, alcanzando de manera distinta una flexibilidad funcional.

Al principio del siglo XIX, la planta sencilla y rectangular solía tener dimensiones fijas con una anchura entre 10 y 16 metros y la longitud variable y ampliable.

La estructura de un solo piso daba la posibilidad de disponer de espacios más amplios, debido a la ausencia de cargas superiores, y con la ventaja de tener todo al mismo nivel.

Al mismo tiempo facilitaba una posible ampliación. Así que se trataba de una edificación flexible y adaptable al aumento de necesidades, pudiendo añadir nuevas naves a la primera.

En efecto este tipo de construcciones fueron las que aprovechaban al máximo los avances tecnológicos de la prefabricación de la época, porque se trataba simplemente de repetir unos componentes siempre iguales, con la posibilidad de ampliar según las exigencias. La construcción de las naves industriales solía ser con paredes de ladrillo y hierro fundido para los pilares interiores.

La principal necesidad era la disponibilidad de un amplio espacio libre, intentando obtener la mayor área posible con el menor número de soportes y una de las principales preocupaciones era conseguir una buena iluminación natural y una adecuada ventilación, y por ello se experimentaron ventanales, lucernarios y cubierta.

De hecho el elemento que más caracteriza este tipo de fábricas es la cubierta. Para cubrir la luz, se utilizan armaduras triangulares, inicialmente de madera, y después metálicas, con soportes laterales que rítmán las fachadas laterales y que determinan la posición de las aberturas para la iluminación natural, aunque a veces ésta se consigue por las fachadas cortas o cenitalmente.

El sistema de cubrición más aplicado es el de la ventilación: *“La viga se compone de un hierro de doble T, y a veces también de madera, y su armazón de dos varillas de hierro forjado que se apoyan en una biela de fundición que sostiene la viga por su medio. Se hacen las bielas de fundición regularmente, porque los esfuerzos que resisten son de compresión, y su sección es cruciforme henchida por el medio. Los tirantes se unen entre sí y con las bielas por medio de placas que se roblonan separadamente, y para dar a los tirantes una tensión determinada se establece en ellos una tuerca con filetes inversos donde se atornillan los cabos del mismo. En las armaduras Polonceau el tirante que equilibra el empuje de los pares puede estar situado al nivel de los arranques ó más alto, y en este segundo caso la elevación es generalmente 1/30 de la luz (...)*”.

Otra solución muy eficaz para las prestaciones requeridas en estos espacios, fue el *shed*, o cubierta asimétrica de dientes de sierra. La orientación del edificio permitía captar una luz constante a través de los dientes más cortos de vidrio expuestos hacia el norte, y la cubierta se apoyaba sólo a los muros perimetrales exteriores, obteniendo en el interior un espacio bien iluminado y sobretodo totalmente libre y diáfano, apto para contener cualquier tipo de maquinaria.

### 3.2.2 Ventajas e inconvenientes

- La inserción en la trama urbana:

Las naves se suelen instalar en solares alargados, con la fachada menor expuesta hacia la calle y el cuerpo que se desarrolla a lo largo de la manzana.

- Los costes de construcción y del suelo:

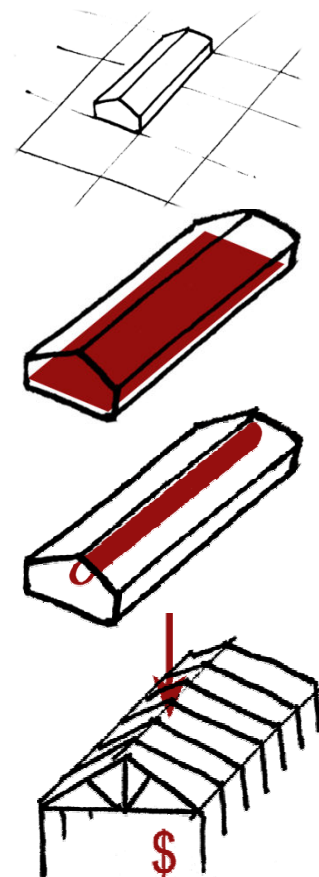
En este caso el coste del suelo es mayor porque ocupa un solar relativamente extendido sin aprovecharlo mucho en altura.

- Los sistemas de climatización:

Los tubos para la climatización del espacio tienen que ser más largos en proporción con el espacio a climatizar, y la disposición de los cerramientos provocan unas pérdidas considerables.

- La estructura:

Siendo las cargas verticales muchos más limitadas, la estructura resulta menos impactante, con costes menores



por la menor resistencia que se exige, aunque la cubierta necesita de un diseño más complejo para cubrir la luz mayor.

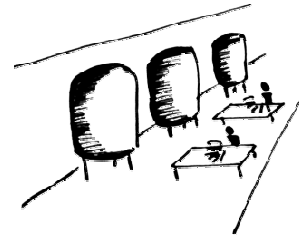
- Los materiales:

Pilares interiores de hierro fundido y paredes de ladrillo. Para la cubierta se utilizaban inicialmente armaduras de maderas, que fueron sustituidas por armaduras metálicas.



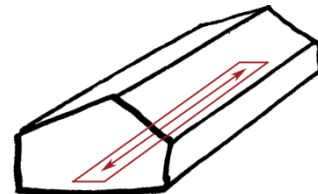
- La destinación de uso:

Siendo todo distribuido en una única planta, las naves solían albergar industrias pesadas, como por ejemplo procesos metalúrgicos, o almacenes.



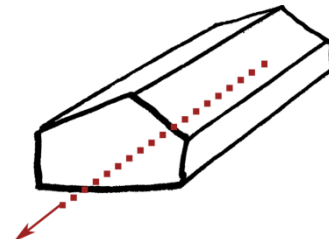
- La distribución y la movilidad de los usuarios:

La distribución es horizontal, y sobretodo en caso de industrias pesadas, para facilitar este tipo de desplazamiento, se necesitan medios tales como cintas mecánicas, cadenas, carriles, etc.



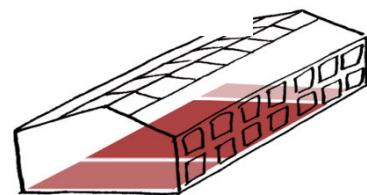
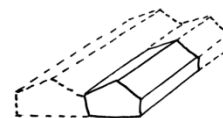
- La respuesta del edificio a incendios y derrumbes:

En caso de incendio, el desplazamiento rápido resulta más fácil y seguro en este tipo de edificio, y en caso de derrumbe el comportamiento estructural se considera mucho menos peligroso.



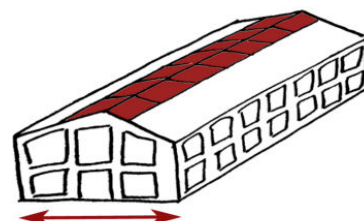
- La flexibilidad y la posibilidad de ampliación:

Estas fábricas suelen tener una única planta baja, que resulta un vínculo mucho menos fuerte a la hora de su distribución y organización interior. Hay una mayor facilidad de ampliación del edificio también durante su uso, porque se trata simplemente de la inserción en planta de un módulo que se repite. Este factor es muy importante en el mundo de la industria que es muy sensible a los continuos progresos de la técnica, con la consecuente necesidad de poderse adaptar continuamente.



- La amplitud del cuerpo fábrica:

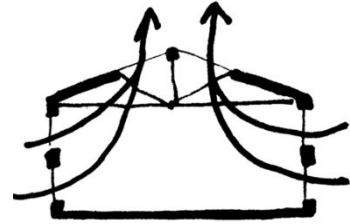
Las naves tienen una amplitud más importante respecto a las fábricas de pisos, recorriendo al uso de la iluminación cenital, que a su vez no limita la anchura del edificio, pudiendo asegurar siempre una buena iluminación natural. La ausencia de límites de amplitud en una fábrica



es otro factor muy interesante porque representa una exigencia de muchos procesos industriales.

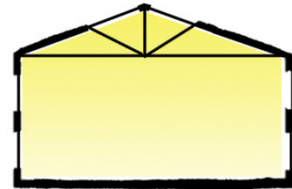
- La ventilación natural:

La ventilación natural se permite gracias al efecto chimenea que conllevan las aberturas cenitales.



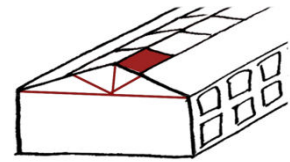
- La iluminación natural:

La iluminación cenital se considera muy favorable del punto de vista de la calidad de la luz a lo largo de todo el día, porque resulta más constante y más difusa (por ejemplo un lucernario expuesto hacia norte), evitando problemas de deslumbramientos durante el trabajo.



- Las aberturas:

Las aberturas horizontales, a paridad de coste, permiten una superficie útil inferior respecto a las verticales, y exigen además una estructura seguramente más compleja.



- Los cristales

Los cristales horizontales están expuestos a cargas mayores, y por eso necesitan ser más resistentes.

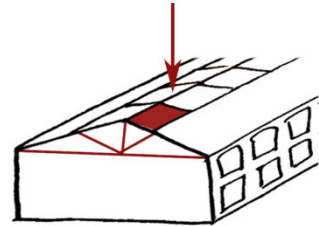
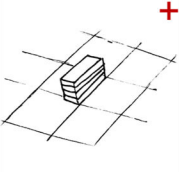
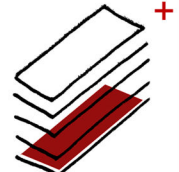
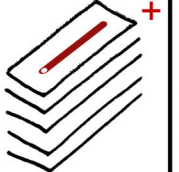
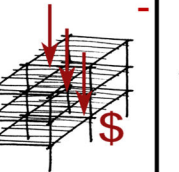
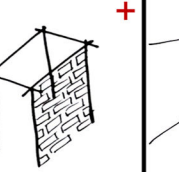
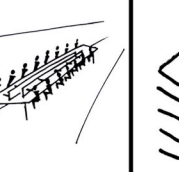
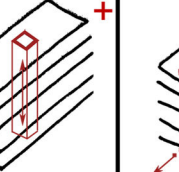
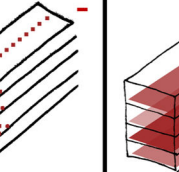
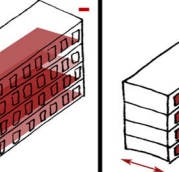
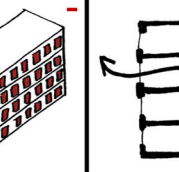
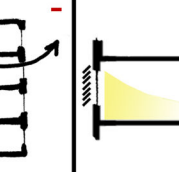
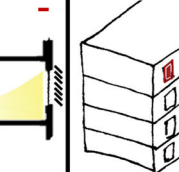
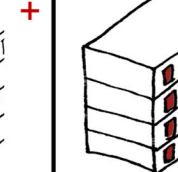

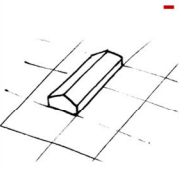
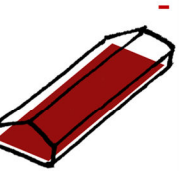
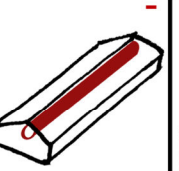
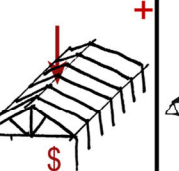
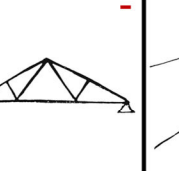
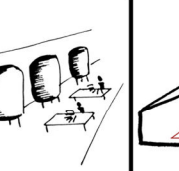
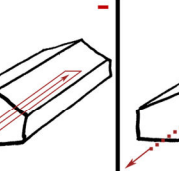
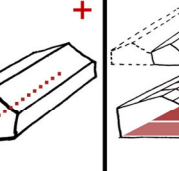
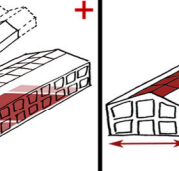
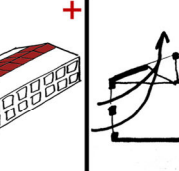
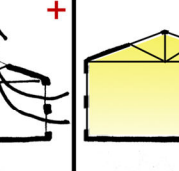
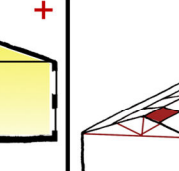
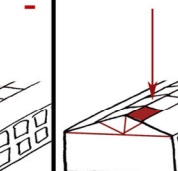

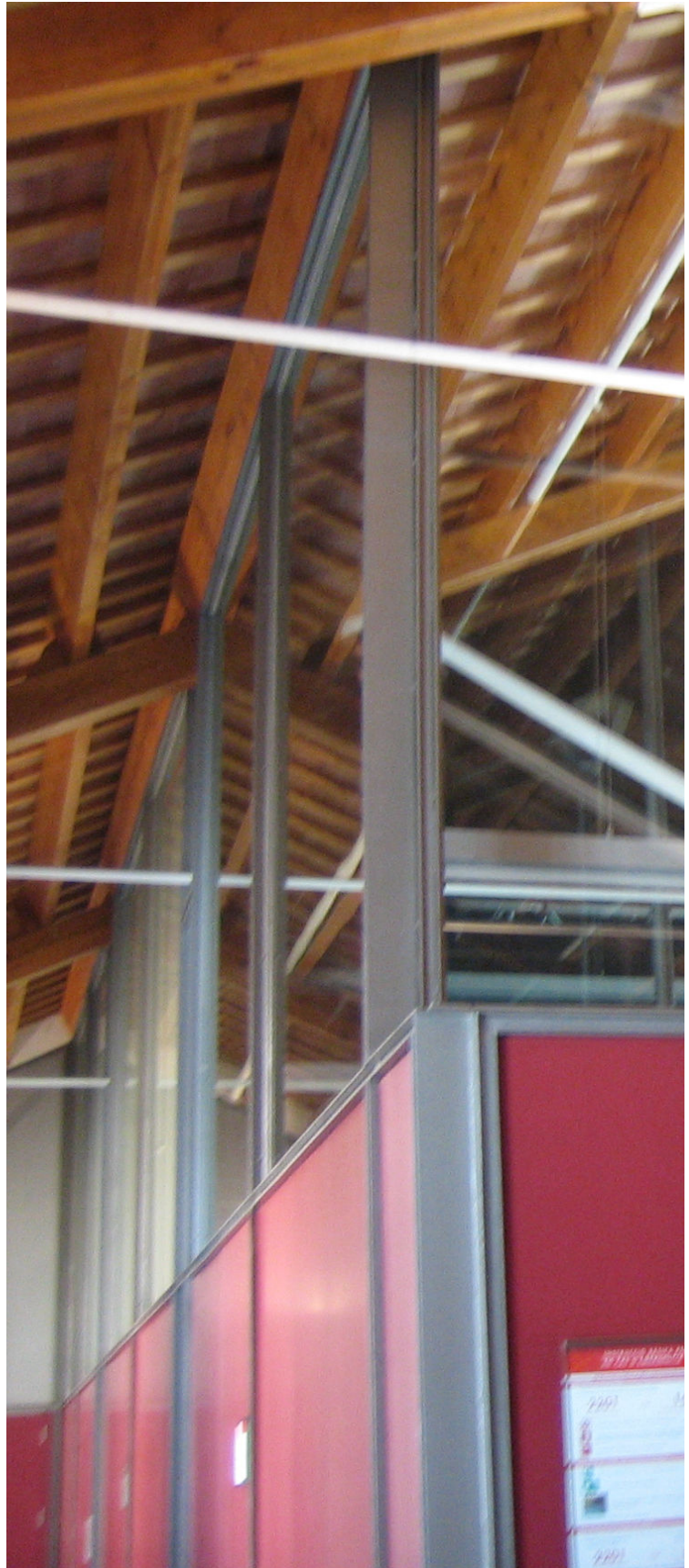




TABLA RESUMEN DE LAS DOS TIPOLOGÍAS

FÁBRICAS DE PISOS / NAVES

	INSERCIÓN EN LA TRAMA URBANA	COSTES DE CONSTRUCCIÓN Y DEL SUELO	SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN	ESTRUCTURA	MATERIALES	DESTINACIÓN DE USO	DISTRIBUCIÓN Y MOVILIDAD DE LOS USUARIOS	RESPUESTA A INCENDIOS O DERRUMBES	FLEXIBILIDAD Y POSIBILIDAD DE AMPLIACIÓN	AMPLITUD DEL CUERPO FÁBRICA	VENTILACIÓN NATURAL	ILUMINACIÓN NATURAL	ABERTURAS	CRISTALES
	suele ocupar un solar reducido por su desarrollo en altura, con la fachada mayor hacia la calle	menor: aprovecha más el solar, las cimentaciones, la cubierta	tubos más cortos y menor superficie de caldera, y menores pérdidas a través de los cerramientos	conveniente para las industrias ligeras (ej. textiles); para las industrias pesadas, la estructura puede llegar a tener costes muy altos por las cargas	uso del hierro en pilares y vigas y ladrillo rojizo en las paredes, venatanas con arista viva y a veces forjado compuesto por bóvedas tabicadas de ladrillo entre las vigas de hierro	solía albergar industrias ligeras (ej. textiles) por los costes estructurales	el desplazamiento mecánico vertical se prefiere al horizontal, aunque necesita medios de transporte adecuados	la estructura puede sufrir más un derrumbe debido a un incendio, y presenta una dificultad mayor en caso de desplazamiento rápido	tratandose de una repetición de espacios planimétricos constantes en forma y dimensión, la ocupación organizada de cada planta resulta más complicada	impone aberturas laterales, limitando la amplitud del cuerpo de la fábrica	ventilación principalmente cruzada gracias a la presencia de aberturas en ambos lados del edificio	las aberturas laterales exigen sistemas de protección solar (cortinas, persianas,...), caras y de difícil mantenimiento	las aberturas verticales pueden ser de mayor tamaño con un coste y una estructura inferior	los cristales verticales pueden ser de menor calidad porque poco expuestos a las condiciones exteriores
FÁBRICA DE PISOS														
NAVE														
	el solar es más alargado con la fachada menor hacia la calle mientras que el cuerpo se desarrolla al interior de la manzana	mayor: ocupa un solar relativamente extendido, creciendo poco en altura	tubos más largos y superficie mayor, pérdidas a través de los cerramientos más considerables	cargas verticales mucho más limitadas, permitiendo tener una estructura menos impactante, aunque para la cubierta se exige un diseño más complejo	pilares en hierro fundido, paredes de ladrillo. Cubierta inicialmente en madera, y posteriormente metálicas. (ejemplo: armadura Polonceau)	solía albergar industrias pesadas (ej. procesos metalúrgicos o almacenes) por su distribución en una única planta baja	para facilitar el desplazamiento horizontal, se necesitan medios cuales cintas mecánicas, cadenas, carriles,... más convenientes en caso de industrias pesadas	permite un desplazamiento más rápido y seguro en caso de incendio, y tiene un comportamiento menos peligroso en caso de derrumbe	siendo la planta un vínculo menos fuerte, resulta más fácil una posible ampliación y cambios en general, hecho muy importante en la industria que es sensible a los continuos progresos de la técnica	permite la iluminación cenital, de tal manera que no hay límites de amplitud de la fábrica (exigencias de muchas industrias)	por las aberturas cenitales, es posible la ventilación por efecto chimenea	la iluminación cenital es más constante y difusa	las aberturas horizontales exigen una estructura más compleja y permiten una suoperficie útil inferior respecto a las verticales	los cristales horizontales tienen que ser más resistentes porque expuestos a cargas mayores



## Parte 4 \_ **LA ILUMINACIÓN NAURAL EN LAS REHABILITACIONES**

## 4.1 LA ILUMINACIÓN NATURAL EN LAS FÁBRICAS ANTIGUAS

### 4.1.1 La ventana: elemento principal para el aprovechamiento de la luz natural

La ventana es el elemento principal en la edificación para el aprovechamiento de la luz natural, aunque tenga varias funciones, entre las cuales:

- La entrada de luz natural;
- La visión y la relación con el exterior;
- La actuación como elemento de ventilación para la renovación de aire,
- Aislamiento acústico y térmico;
- Barrera contra el ruido y protector de deslumbramiento.

Este trabajo se centra en el primer punto, intentando estudiar como pueden afectar las distintas entradas de luz, posicionadas en diferentes puntos del envolvente del edificio, en la distribución de la iluminación natural en el espacio interior.

- La forma

Un primer análisis sobre el diseño de las aberturas, puede centrarse en la relación entre altura y anchura de ellas:

Las ventanas horizontales: permiten una vista panorámica y la iluminación que crean en el interior es una banda paralela a la pared, con poco deslumbramiento y poca diferencia de distribución a lo largo del día. Coeficiente de forma:  $\frac{1}{2}$ .

Las ventanas verticales: la iluminación creada es una banda esta vez perpendicular a la misma pared, que conlleva una gran variabilidad durante el día. En contra, permite una mayor penetración de la luz en el espacio, dando la posibilidad de iluminar también las zonas más alejadas en el espacio. El deslumbramiento es más complicado de controlar y las vistas al exterior son limitadas aunque permitan una mayor profundidad de campo. Coeficiente de forma: 2.

- La posición

Si una ventana se encuentra en una posición más alta, la profundidad que alcanza la penetración de la luz es mayor, permitiendo una distribución más favorable en el espacio, mientras que su altura del suelo determina las vistas al exterior.

- La orientación

Es óbvio que la lux que consigue entrar a través de una abertura depende principalmente de la orientación de la pared donde está emplazada:

- Ventanas orientadas a sur → reciben sol (iluminación directa) desde el amanecer hasta el atardecer y proporcionan niveles luminosos muy elevados, con mayor energía en invierno y menor en verano.
- Ventanas orientadas a este y oeste → permiten el ingreso de radiación directa respectivamente desde el amanecer hasta el mediodía, y desde el mediodía hasta el atardecer. Los niveles luminosos que proporcionan son medios y variables a lo largo del día, con una elevada ganancia de energía en verano y baja en invierno.



- Ventanas orientadas a norte → sólo reciben iluminación difusa y reflejada, con niveles energéticos bajos pero constantes durante el día.

La exigencia de una buena iluminación en los lugares de trabajo, determina la elección de uno u otro sistema: iluminación cenital, lateral o mixta.

#### 4.1.2 La iluminación lateral



Ventanales laterales en la fábrica de pisos Can Saladrigas, actual biblioteca del Poble Nou, Barcelona.

Se utiliza sobre todo en las fábricas de pisos.

La iluminación lateral tiene el inconveniente de limitar la profundidad del cuerpo del edificio para que pueda ser iluminado satisfactoriamente durante el día, porque la curva de reducción de la iluminancia en el plano útil de trabajo a la hora de tener exclusivamente una abertura lateral, disminuye en manera exponencial cuanto más nos alejamos de la ventana.

De hecho, alejándonos de la abertura, el valor de la iluminación directa decrece rápidamente, y la proporción relativa de la componente indirecta, dada por la reflejada y la difusa por los objetos del espacio, se incrementa.

La limitación que producen las aberturas laterales se solucionaba bastante con el uso de ventanas altas relacionado con espacios altos, permitiendo que la luz natural alcance una profundidad mayor.

Al mismo tiempo, situando ventanas en lados opuestos del edificio, la profundidad máxima que consigue ser iluminada de manera satisfactoria es dos veces la profundidad límite del cuerpo en el caso de una sola abertura.

Los aspectos más importantes a la hora del diseño de las aberturas de un espacio, son el tamaño de la ventana y la altura de la parte inferior desde el suelo, según si se quiere favorecer más la vista hacia el exterior, o la penetración en profundidad de la luz.

Si la anchura es mayor de 8 metros, se suele iluminar el espacio por los dos lados, llegando a tener un buen nivel de iluminación con una anchura hasta 18-20 metros.

Además la iluminación lateral deja menos juego a la hora de la disposición de las máquinas por ejemplo, porque hay que evitar sombras importantes en el plano útil de trabajo. En contra, crea un efecto más agradable para los usuarios (vistas agradables hacia el exterior) y cansa menos.

Los cristales verticales quedan poco expuestos a las condiciones exteriores, y por eso no necesitan ser de excesiva calidad, permitiendo un ahorro en tema de costes y también de estructura, y facilitando un mayor tamaño de la abertura.

#### 4.1.3 La iluminación cenital

La iluminación cenital es la que se desarrolló para permitir la construcción de edificios de mayor profundidad, llevando a proyectos de fábricas tipo nave con cubiertas con lucernarios o shed.



Linternas del antiguo almacén de trapos de Francisco Munné, actual Escola BAU, Barcelona.

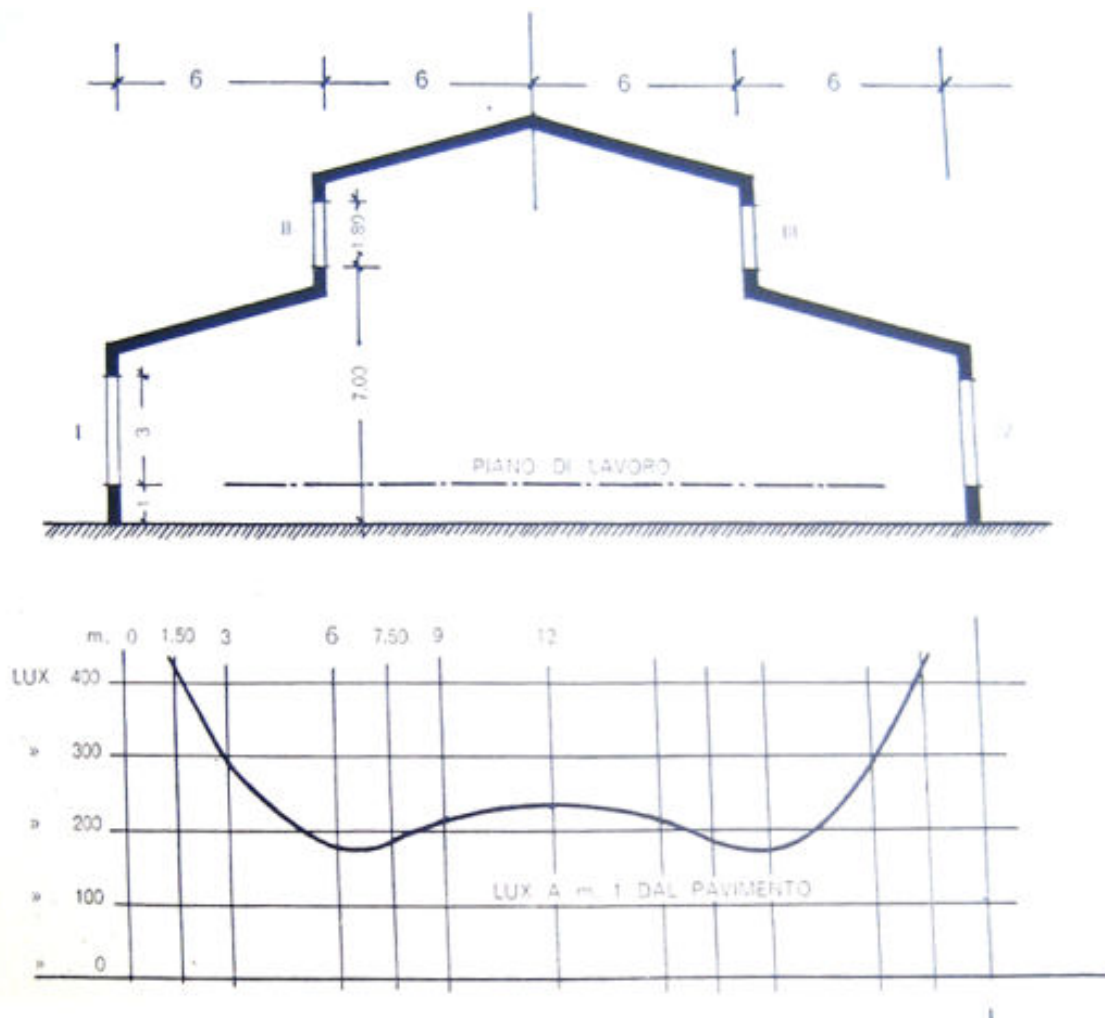
El uso de claraboyas, lucernarios, cúpulas u otros tipos de aberturas cenitales, permite introducir la luz natural más hacia el interior, y evita al mismo tiempo problemas de deslumbramiento que provocarían las aberturas laterales.

Con lucernarios orientados a norte se obtiene una luz difusa, que es aquella que tiene aproximadamente la misma intensidad en diferentes direcciones, o sea la luz que proviene de la bóveda celeste sin considerar el sol, y por eso se considera más o menos constante a lo largo del día, asegurando una distribución más uniforme en todo el plano útil de trabajo y reduciendo los contrastes y el problema de deslumbramiento de los usuarios.

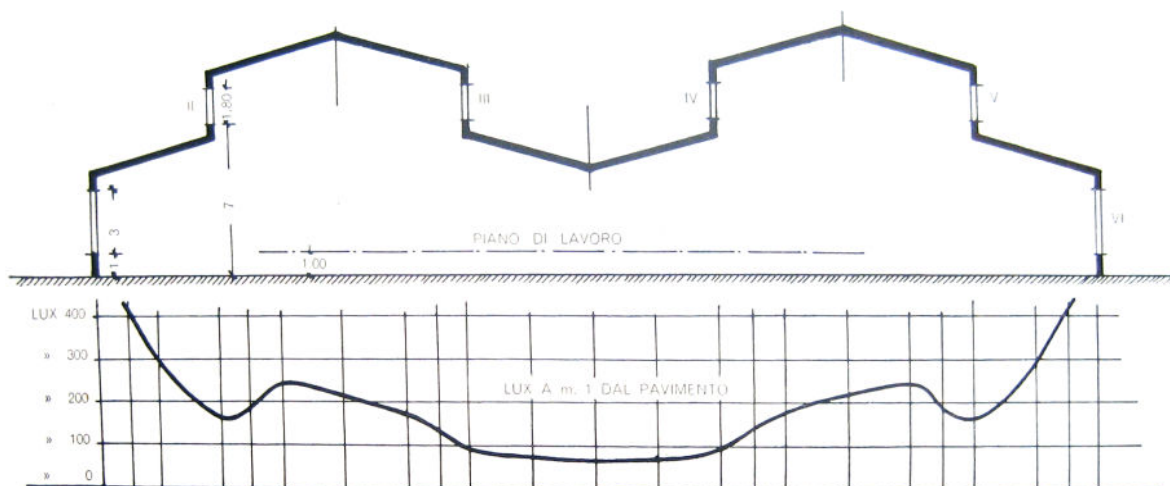
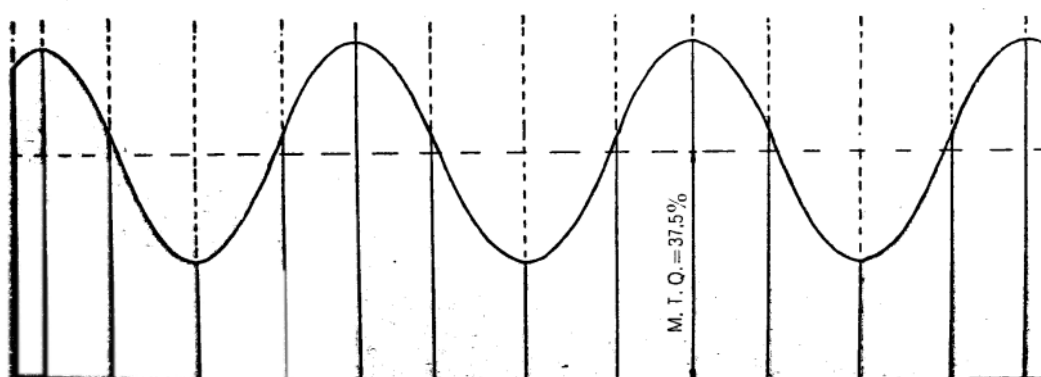
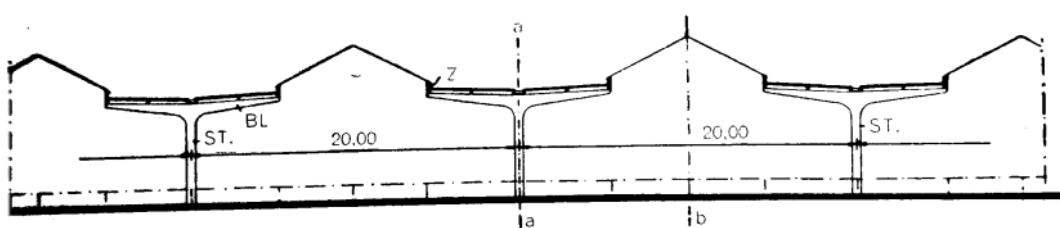
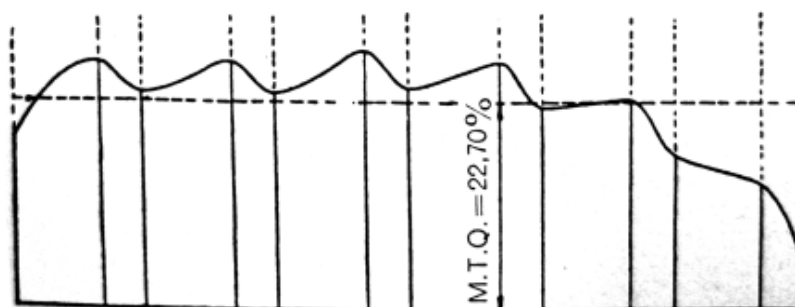
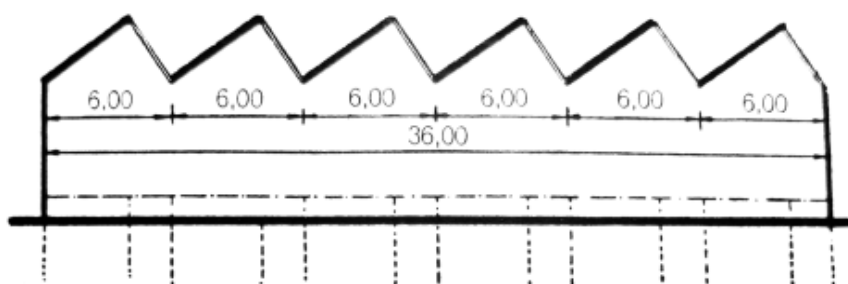
#### 4.1.4 La distribución de la luz en las antiguas fábricas

En el libro *Gli edifici per le industrie* del Doctor Arquitecto Armando Melis, profesor del Politecnico de Torino (S. Lattes & C. Editori, Torino 1953), se encuentran algunos ejemplos de curvas del cociente de luz (valores de iluminancias) según la disposición vertical y/u horizontal de las aberturas.

Esas curvas se consiguen sumando la componente vertical con la horizontal, y por ejemplo se obtiene que la componente vertical es máxima cuando las aberturas son horizontales (máxima inclinación), y mínima cuando son verticales, mientras la componente horizontal de la luz se mantiene casi constante.







## 4.2 LA REPERCUSIÓN DE LA COMPARTIMENTACIÓN DEL ESPACIO

### 4.2.1 La flexibilidad de las antiguas fábricas

Como ya se ha descrito en los párrafos anteriores, una de las características más considerables de los edificios industriales del pasado es la planta libre.

La necesidad de una flexibilidad máxima en el interior de la fábrica conllevó crear espacios diáfanos que facilitaran la movilidad de personas, máquinas y productos y que fueran modificables según el cambio de exigencias.



Espacio diáfano de la antigua fábrica "Officine Grandi Riparazioni", Torino.

A parte de razones prácticas que dependen estrictamente de la actividad, los espacios grandes y libres y la ausencia de divisiones en el interior, permiten aprovechar más las aberturas perimetrales, sean ellas laterales o cenitales.

La distribución de la luz natural en la fábrica era bastante uniforme, y en cada punto de trabajo llegaba la influencia de todas las aberturas más próximas, ayudando a proporcionar así un alto nivel de confort lumínico en la mayoría de los puntos del plano útil.

Una vez abandonadas, estas fábricas representan grandes volúmenes libres, contenedores vacíos, y nos encontramos frente a un espacio inmenso y atravesado en su totalidad por rayos solares.

#### 4.2.2 Espacios flexibles en la actualidad

La sociedad con el tiempo va cambiando, y los espacios en que vivimos deben poder adaptarse a estos cambios y ser lo suficientemente flexibles como para cubrir estas necesidades.

Las primeras casas tenían un único espacio, y era gracias al mobiliario que se transformaba para dar lugar al comedor, al estudio, al dormitorio, etc...

Con el tiempo se han ido compartimentando espacios para adaptarse mejor a cada actividad y contestar a las exigencias de una mayor intimidad.

En el ámbito de las viviendas, aunque no sea objeto de este trabajo, las tendencias de los últimos años están demostrando que el hecho de tener tantas divisiones y compartimentaciones reduce la posibilidad de modificaciones futuras, generan la sensación de espacios más pequeños y a la vez precisan de más iluminación artificial.

De aquí vienen las numerosas experiencias de la rehabilitación de fábricas antiguas o naves industriales aprovechadas para crear espacios tipo *loft*, diáfanos y poco compartimentados.



Imagen del interior de un *loft* en la rehabilitación del 2010 del arquitecto Jordi Garcés. Se trataba de la antigua Compañía de Industrias Agrícolas (1916), en el Poblenou de Barcelona, destinada a la destilación de alcohol y que años después pasó a ser un almacén de azúcar.

Esto demuestra que se empiezan a preferir espacios abiertos y comunicados visualmente, con separaciones por medio de tabiques móviles, paredes correderas, muretes, que permiten transformar la distribución de la vivienda según las necesidades del momento.



A parte de la flexibilidad del espacio, de esta manera se gana en iluminación, porque estas soluciones permiten que la luz natural llegue mucho más en profundidad, sin que quede cortada por paredes que seccionan el espacio [18].

#### 4.2.3 La necesidad de compartimentación en los equipamientos

Cuando hablamos de equipamientos, las nuevas exigencias de la sociedad piden de todas formas espacios más privados e independientes, aunque estén reunidos en un único edificio y también subespacios que sean más controlables del punto de vista de las instalaciones, para contestar a condiciones de confort cada vez diferentes según la actividad.



Imágen de la compartimentación interior para oficinas en la rehabilitación de la nave de Can L'Arañó, Barcelona.

Esto conlleva una compartimentación del espacio original que se ve dividido en distintos subespacios, de tal manera que cadauno llega a aprovechar sólo una porción de aberturas del edificio entero.

El concepto de compartimentación del interior, así como descrito en el libro *Arquitectura y energía natural* de Rafael Serra Florensa y Helena Coch Roura, “se refiere a la forma de ordenar y relacionar entre sí los diferentes espacios que componen un edificio”.

Cuanta menos compartimentación haya, más las condiciones interiores dependerán de las exteriores por el contacto a través de la piel del edificio. Pero al mismo tiempo todo el espacio interior tendrá condiciones más uniformes, aunque la variación en un solo punto se repercute en todo el ambiente.

Del punto de vista lumínico, que representa el enfoque de este trabajo, una baja compartimentación permite aprovechar más la luz natural, aunque las zonas más interiores tendrán niveles inferiores, mientras que una excesiva compartimentación crea la necesidad de iluminar de manera artificial las zonas centrales, o de prever patios, atrios, etc...

Como explicado por R. Serra Florensa y H. Coch Roura en el libro *Arquitectura y energía natural* (1991 UPC): *"desde el punto de vista lumínico se debe tener presente que no existe ninguna función que genere luz natural en un espacio, aunque existan las que necesitan poca o mucha luz para su buen funcionamiento. En cualquier caso, la compatibilidad lumínica no es muy crítica, ya que es fácilmente resoluble con una separación opaca. Resulta interesante, en cambio, la posibilidad de aprovechamiento de la luz de un espacio bien iluminado para iluminar indirectamente otro espacio mediante una separación translúcida"*.

Hoy en día se encuentran varios ejemplos de proyectos de rehabilitación, que confirman la adaptabilidad, la flexibilidad, la vitalidad y el dinamismo de este tipo de construcciones. *"Lo que comenzó como un espacio de trabajo puede ser ahora un lugar de ocio y de cultura"* [19].

#### - La clasificación y la distribución de los espacios en un edificio

Los espacios de un edificio pueden ser clasificado en espacios principales, secundarios e independientes, y por cada uno de ellos puede ser definida su relación lumínica con el exterior:

- Espacios principales

En estos espacios las condiciones ambientales requeridas suelen ser más estrictas, porque son generalmente espacios que por su función piden una permanencia continua (ej. salas de estudio, aulas, etc.)

➔ Estos espacios deberían de estar en la periferia del edificio, para poder aprovechar al máximo la luz natural.

- Espacios secundarios:

En estos espacios no se exigen condiciones ambientales estrictas, sino más flexibles. Suelen ser espacios donde los usuarios permanen de manera discontinua, en términos espaciales y temporales (ej. espacios de paso, de circulación, de conexión, de almacenaje, de servicio, etc.)

➔ Estos espacios pueden alejarse de la periferia, aunque sería mejor que tengan un cierto acceso de luz natural, o al menos la posibilidad de tenerlo.

- Espacios independientes:

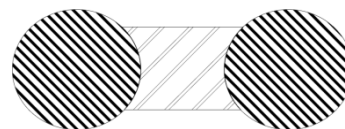
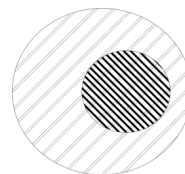
Se clasifican como espacios independientes aquellos que requieren características ambientales propias, a veces muy estrictas por la actividad que se prevé en su interior, y pueden llegar a tener condiciones muy diferentes de los otros espacios del edificio (ej. cocinas, cámaras frigoríficas, etc.)

➔ Estos espacios suelen estar desconectados con el resto del edificio, y a veces no tienen ninguna integración con los otros espacios.

#### 4.2.4 La relación entre los espacios

Cuando se trata de equipamientos, hay que tener en cuenta que en el mismo edificio pueden convivir actividades muy distintas entre ellas, que necesitan tener su autonomía. Al mismo tiempo los espacios pueden llegar a comunicarse y relacionarse de diferentes maneras, garantizando así un proyecto uniforme y unido de partes autónomas que conviven y comparten un mismo espacio físico.

- Una primera opción es determinar un espacio dentro de otro más grande, definiendo diferentes subzonas.
- Otra manera es conectando dos espacios, y la zona de intersección puede pertenecer a una de las dos zonas, o ser una zona de transición distinta, con entidad propia.
- También pueden haber espacios contiguos, que se comunican directamente, y que se diferencian por elementos físicos, o cambios de niveles en el suelo o en el techo o hasta recursos más sutiles como por ejemplo la distribución de las luces.



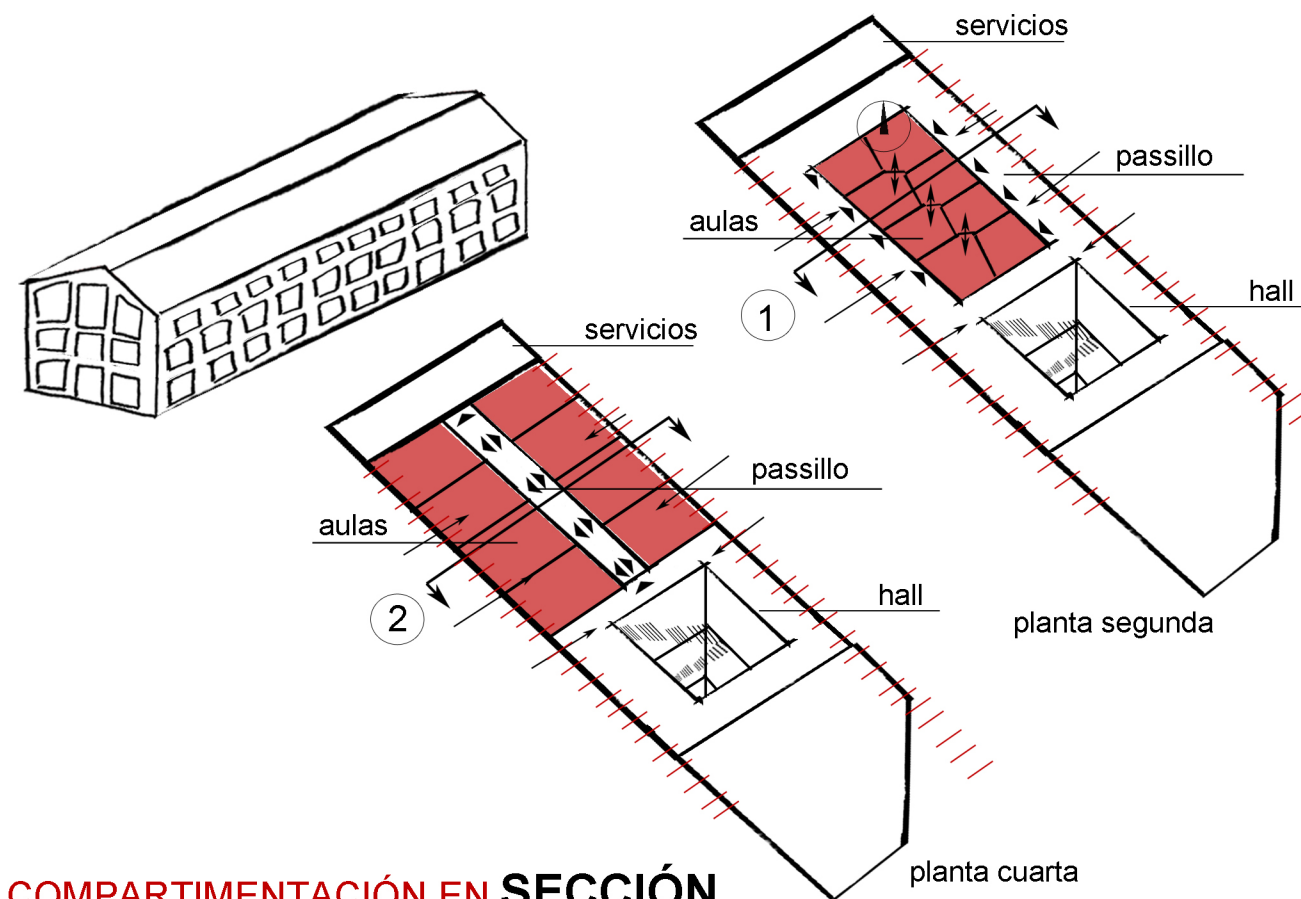
Las conexiones entre estos espacios es mejor que no sean fijas, sino regulables, consiguiendo una cierta flexibilidad de uso que puede ayudar a crear efectos favorables desde el punto de vista lumínico, así como acústico y térmico en cada espacio, y llegando a iluminar espacios secundarios desde otros espacios que están en contacto directo con el exterior, y poderlos aislar según las exigencias.

El objetivo siempre tiene que ser analizar las características de cada edificio y proponer soluciones que puedan aprovechar al máximo la iluminación natural consiguiendo espacios versátiles.

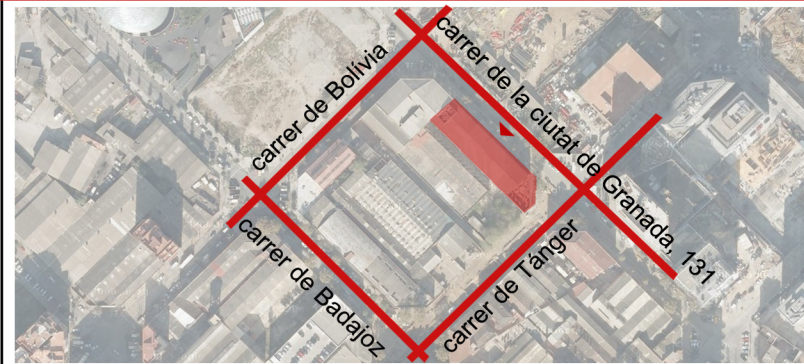
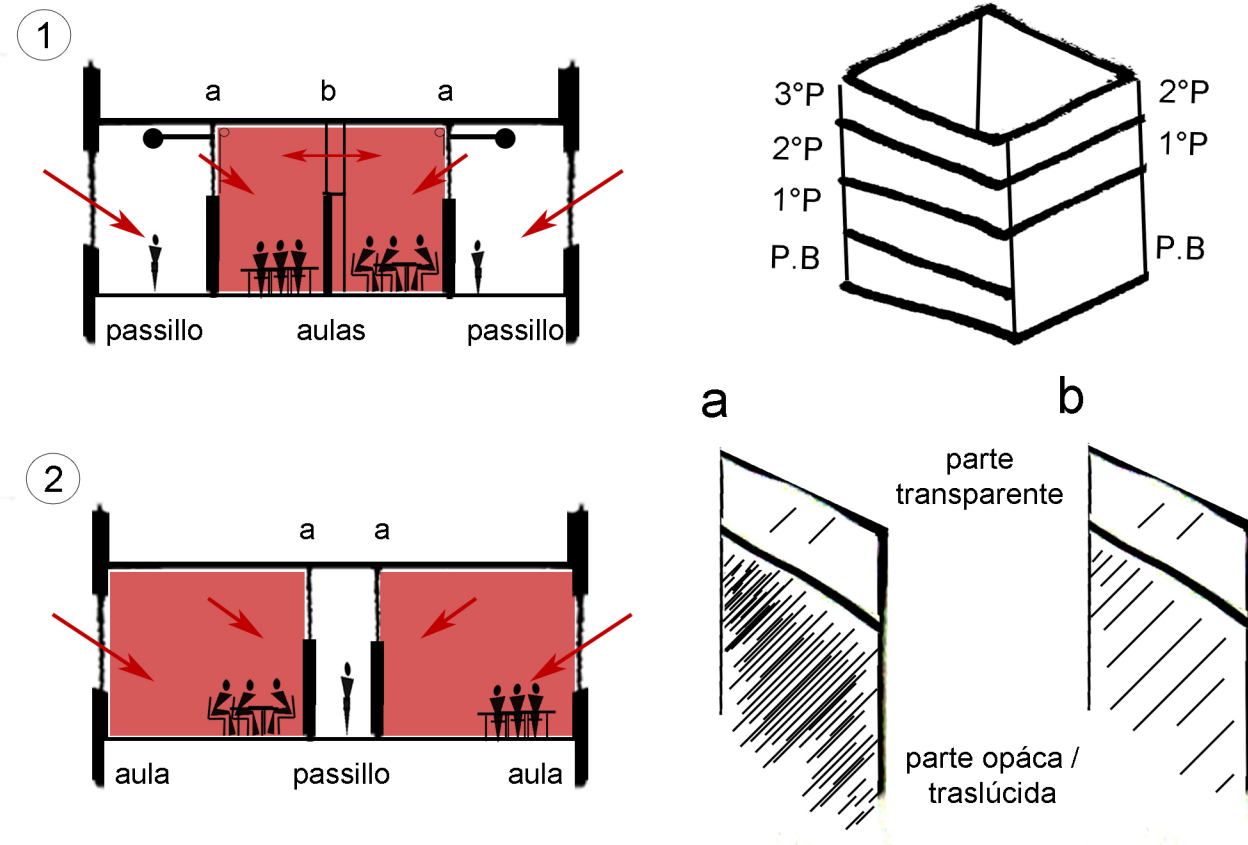
A continuación se proponen unos ejemplos prácticos de fábricas antiguas que han sido rehabilitadas y destinadas a nuevos equipamientos para la ciudad (casos de Barcelona y Torino). Estos ejemplos quieren ser un estímulo para reflexionar sobre las soluciones propuestas para aprovechar un espacio totalmente libre y obtener nuevos usos, y sobre la capacidad de mantener las ventajas lumínicas que el edificio antiguo presentaba.



## COMPARTIMENTACIÓN EN PLANTA



## COMPARTIMENTACIÓN EN SECCIÓN



Can Tiana / Can Canela

La fábrica José Canela e Hijos, antiguo Can Tiana, se construyó entre 1898 y 1914 y se dedicaba a la producción de maquinaria textil y de géneros de punto. Tiene una superficie útil de más de 4.857 metros cuadrados y responde a los cánones propios de la arquitectura industrial de principios del siglo XX.

### La Universidad de Barcelona

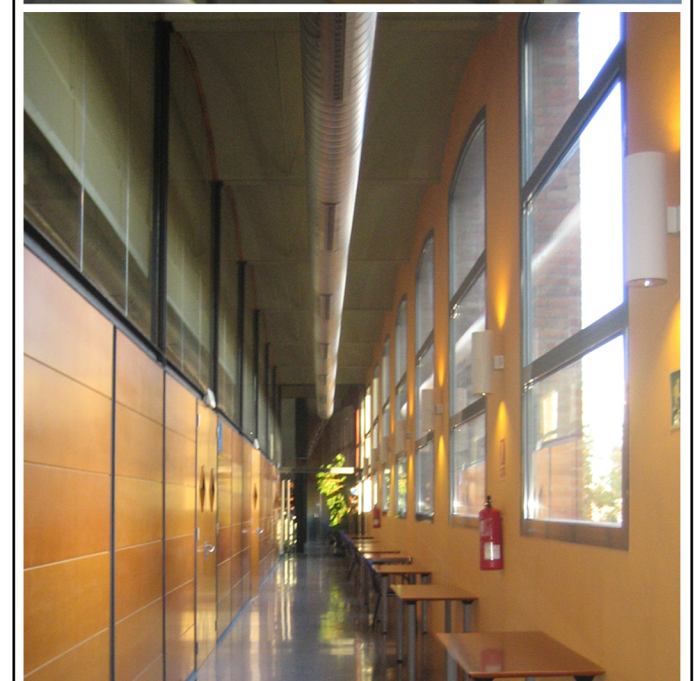
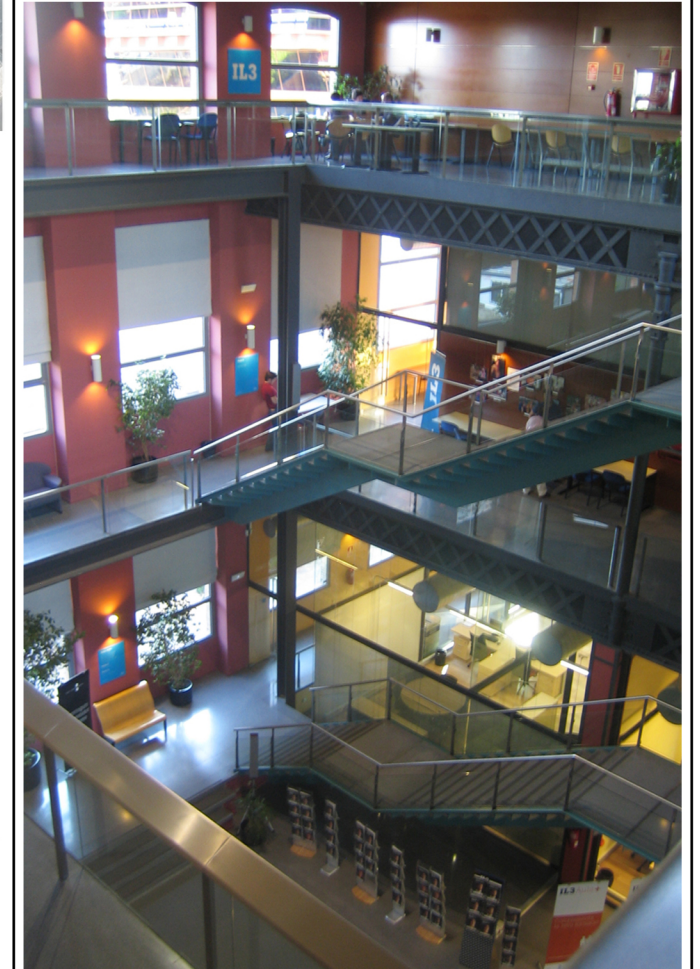
En el año 1996 el edificio se reformó por Jordi Seguró. Desde el 2006 alberga el Instituto de formación Continua de la Universidad de Barcelona, IL-3 (*Institute for LifeLongLearning*). La nueva sede entronca con otro referente de la ciudad, ya que ocupa las antiguas instalaciones del Institut Català de Tecnologia.

El edificio tiene una grande hall central que permite tener una vista entera del edificio, ya que su altura es libre. Aquí es donde se concentran los núcleos de distribución vertical, para poder acceder a los despachos y a las aulas.

En la cuarta planta, las aulas aprovechan directamente de la luz natural, dejando el espacio central como passillo. En la segunda planta es el contrario: las aulas ocupan la parte central del cuerpo, y están rodeadas por un passillo que recorre todo el perímetro de la antigua fábrica. De esta manera, sólo en este espacio de distribución se puede aprovechar directamente de la luz natural que entra por los grandes ventanales laterales, mientras que las aulas la reciben a través de la parte alta transparente de los tabiques, que se puede oscurecer con cortinas interiores en caso de proyecciones. Además, entre las aulas los tabiques son traslúcidos y también con la parte alta transparente, pudiendo tener una mayor iluminación natural difusa, según la necesidad.

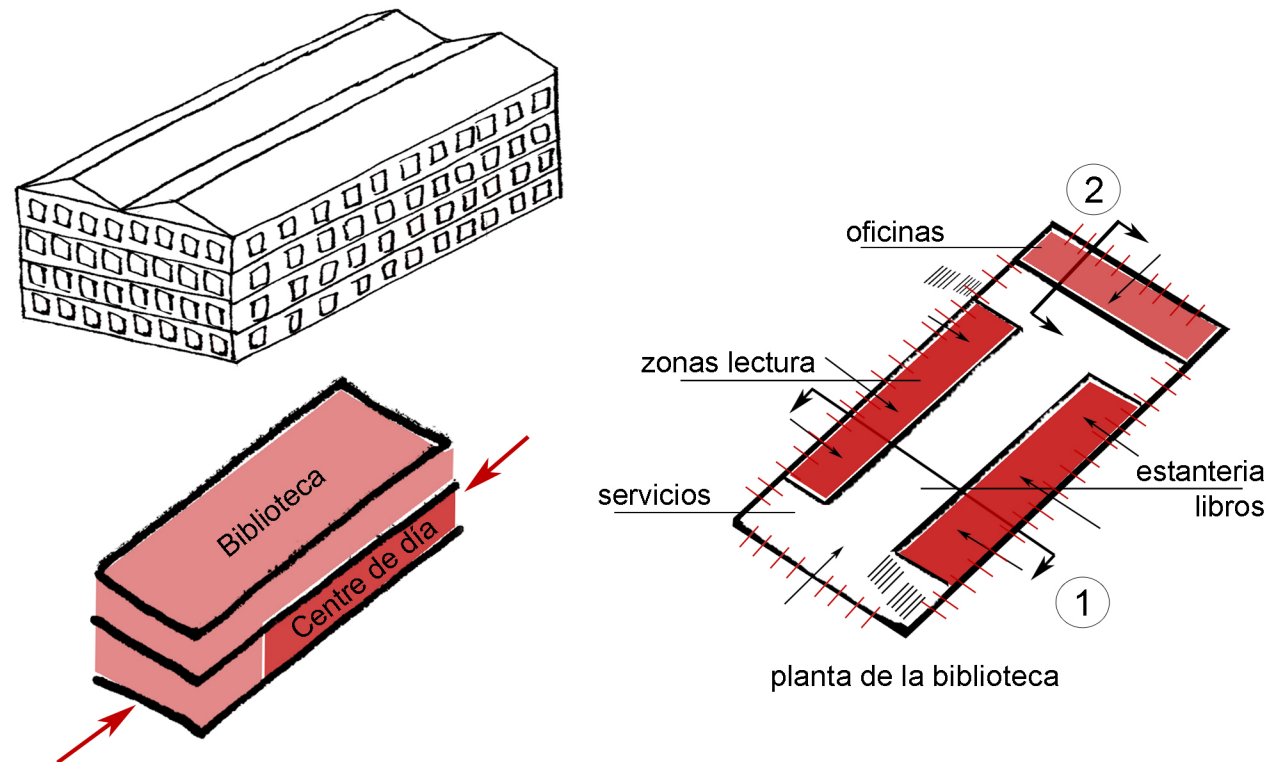
### 4.3.1 CAN TIANA / CAN CANELA año 1898-1914

Universidad de Barcelona  
año 2006

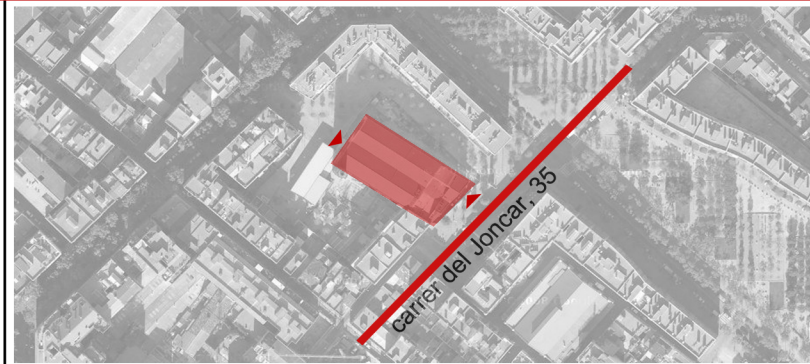
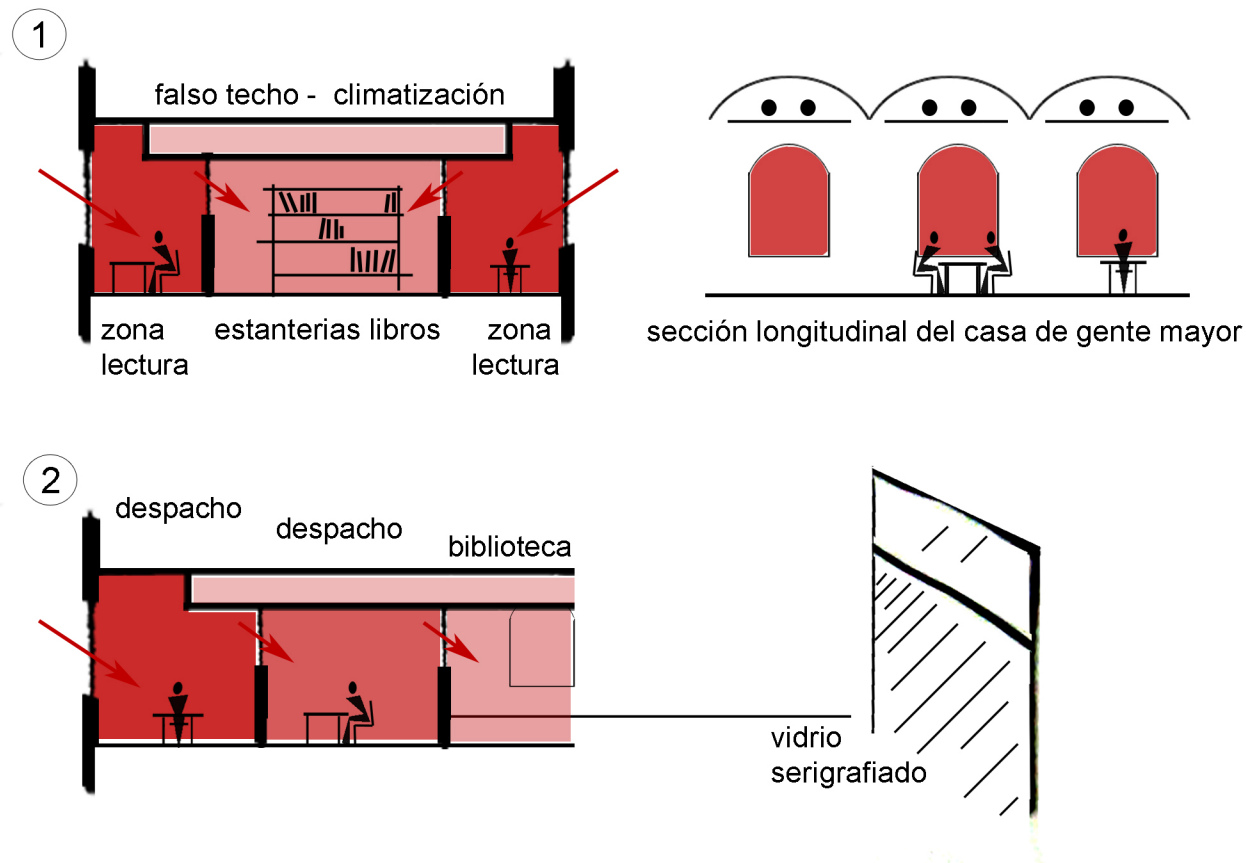




## COMPARTIMENTACIÓN EN PLANTA



## COMPARTIMENTACIÓN EN SECCIÓN



### Can Saladrigas

Era un complejo industrial construido en 1884 por Antoni Saladrigas destinado al blanqueo y estampado de tejidos. Es un ejemplo típico de fábrica de pisos. El negocio que Antoni Saladrigas empezó a mediados de siglo XIX de blanqueo y estampado de tejidos entre las calles de Lull, Lope de Vega, Joncar y Marià Aguiló se convirtió en el tercero en importancia de todo el distrito de Sant Martí.

### La biblioteca municipal Manuel Arranz

El nuevo equipamiento, en homenaje al profesor, historiador y presidente del archivo histórico del barrio, ocupa una superficie de 1.550 metros cuadrados distribuidos en dos plantas. El proyecto lo han llevado a cabo los arquitectos Moisés Gallego y Tomàs Morató, Arquitectos U.T.

La compartimentación del espacio permite aprovechar de la luz natural para las actividades principales: la zona lectura y los despachos administrativos se sitúan en la parte periférica del espacio, cerca de las ventanas, mientras que la parte central sirve como espacio de distribución y de colocación de las estanterías para los libros.

### El casal para gente mayor

En la parte de atrás se puede acceder al centro de día, que presenta una planta libre, permitiendo el aprovechamiento total de la luz natural que penetra por las grandes ventanas. Las mesas están dispuestas en dirección perpendicular a las ventanas, y la estructura de las bóvedas se ha dejado a vista, con la excepción de unos puntuales falsos techos para las instalaciones.

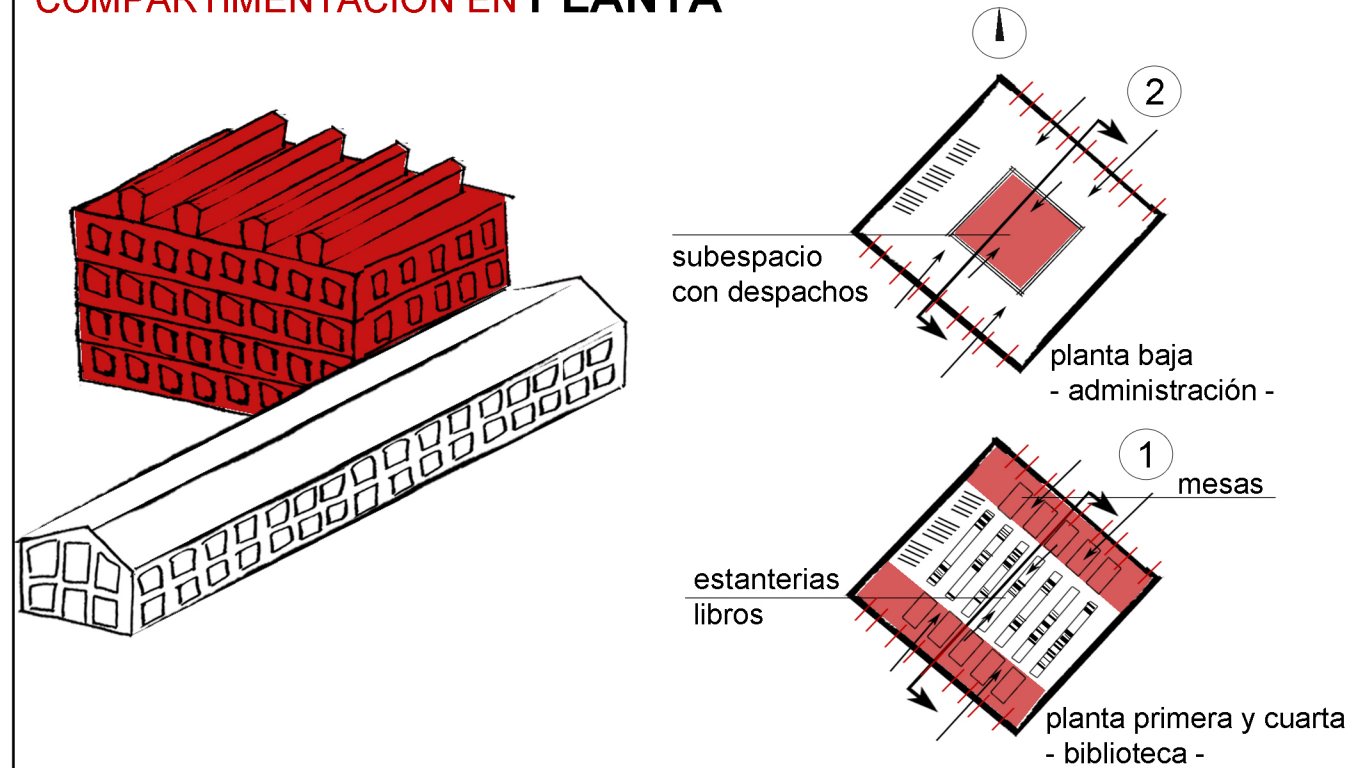
### 4.3.2 CAN SALADRIGAS año 1884

**Biblioteca municipal  
Poblenou - Manuel Arranz**  
año 2009  
**Casal para gente mayor**  
año 2004

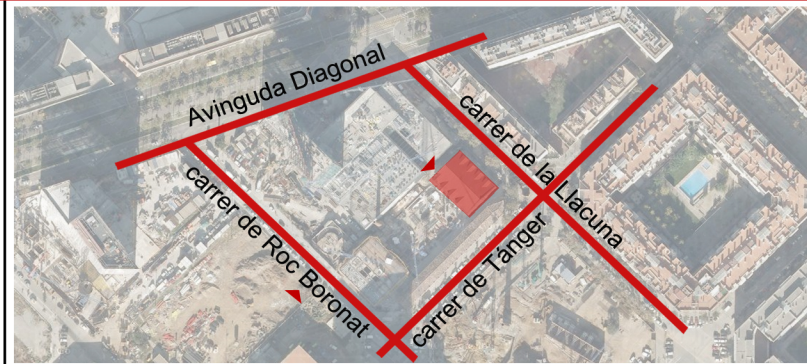
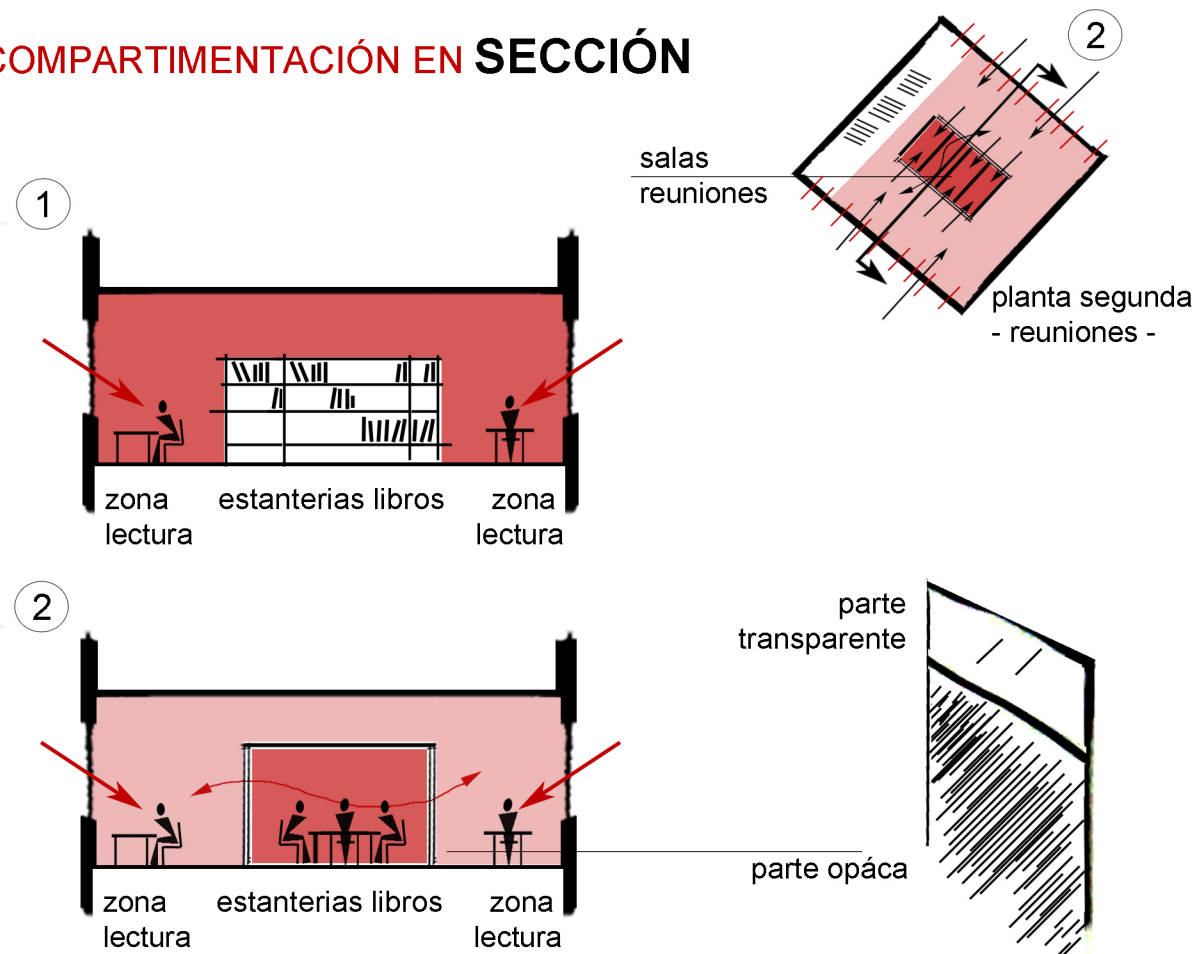




## COMPARTIMENTACIÓN EN PLANTA



## COMPARTIMENTACIÓN EN SECCIÓN



Can L'Arañó

Era una fábrica textil de los Arañó, una familia de sederos de la ciudad de Manresa, que se dedicaba a la elaboración de hilados y tejidos de mezcla de algodón y lana. Fue construida por el arquitecto Josep Marimon i Cot en 1874 en estilo manchesteriano, en ladrillo visto con cerchas de hierro. El conjunto fabril se compone de dos construcciones: una, situada en la calle de la Llacuna, de tipología de fábrica de pisos, y la otra, de un cuerpo lineal más bajo, tipo nave, a lo largo de la calle Tànger.

En la fábrica de pisos es el único caso en Cataluña donde se adaptó la estructura metálica inglesa importada (que aporta la solución de los desnudos entre las jácenas, los pilares y los tirantes) a la bóveda catalana, y era donde había la nave de telares. Tiene una planta rectangular de 30 x 24 m<sup>2</sup> y consta de planta baja y tres pisos, con techo de dos vertientes. Interiormente son naves de planta libre, con estructura de pilares y jácenas de fundición, que soportan las bóvedas cerámicas. La proporción de los ventanales y las lucernas en la cubierta ofrecen una gran luminosidad interior.

### La Universidad Pompeu Fabra - fábrica de pisos

El proyecto de rehabilitación fue llevado a cabo por Antoni Vilanova y Eduard Simó, que se plantearon la transparencia de la estructura para dejar todo a vista.

Las plantas que albergan la biblioteca, prevén la parte central para las estanterías, dejando la zona periférica para la zona lectura, mientras que en las otras plantas, donde se necesitan espacios cerrados para despachos o salas reuniones, se crean cubos transparentes para poder aprovechar de la luz natural alrededor, y permitiendo a la vez un mayor nivel de privacy.

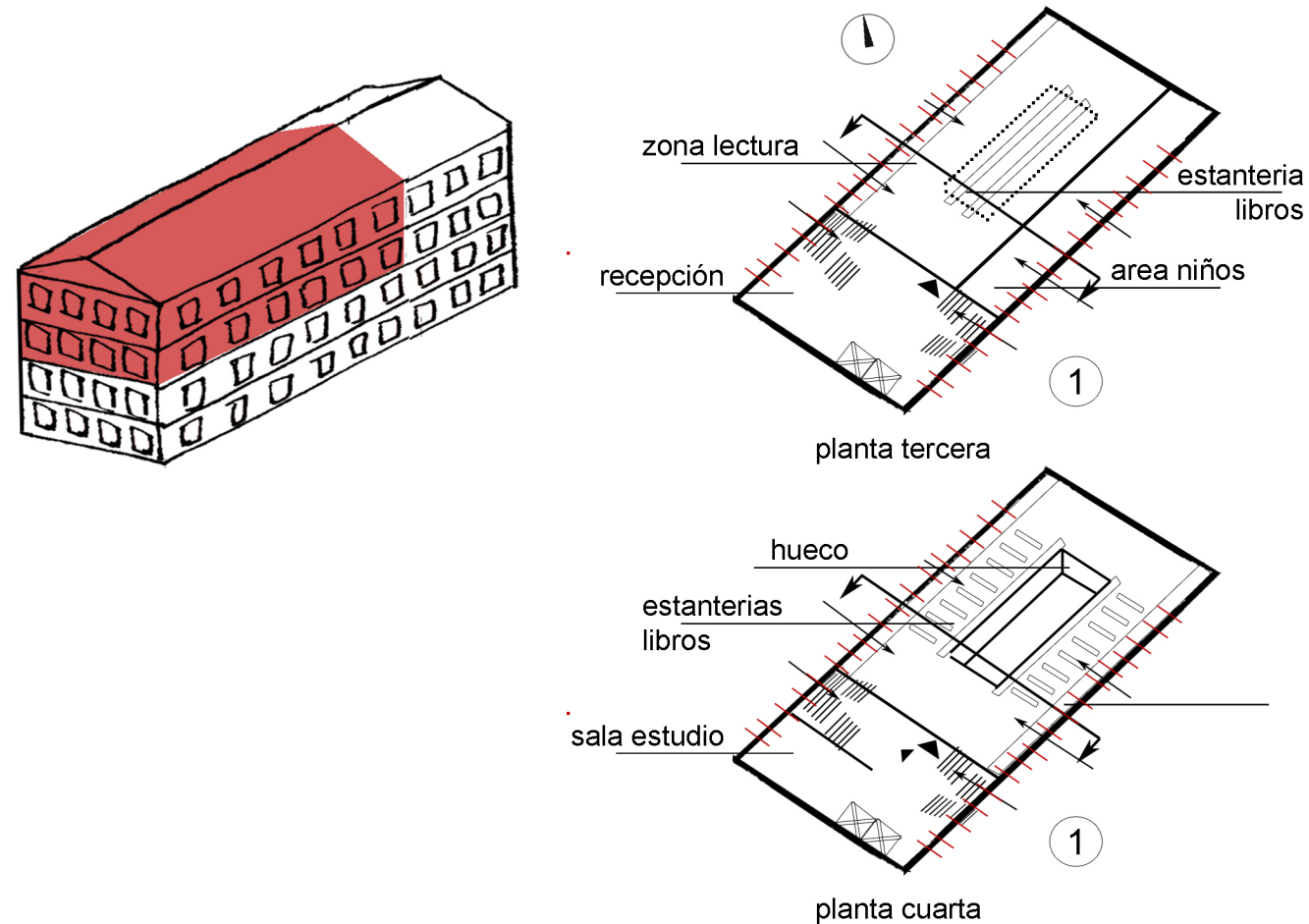
### 4.3.3 CAN L'ARAÑÓ año 1874

### Universidad Pompeu Fabra año 2008

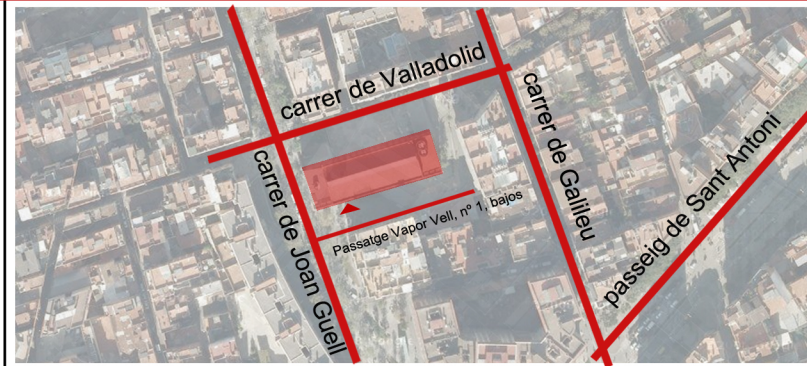
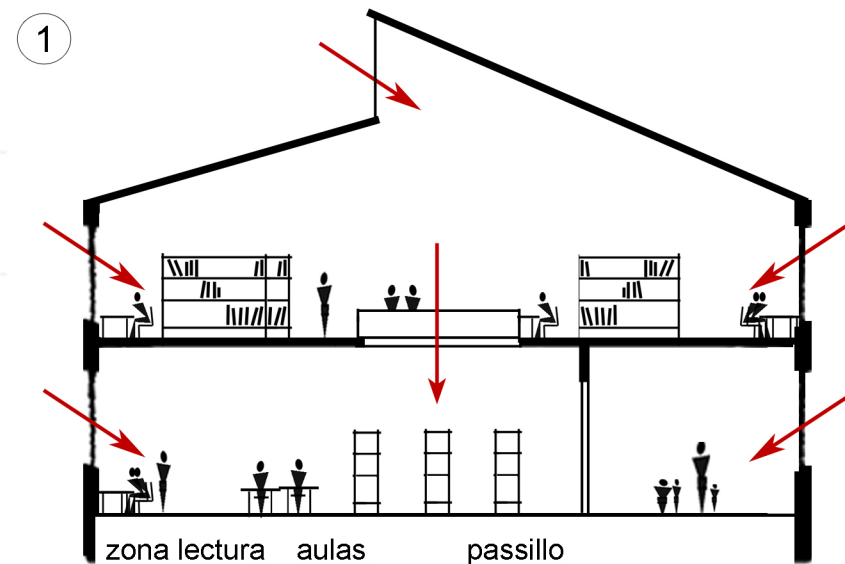




## COMPARTIMENTACIÓN EN PLANTA



## COMPARTIMENTACIÓN EN SECCIÓN



Vapor Vell de Sants

El edificio, destinado a la producción de panes y terciopelos, se empezó a construir en el año 1845, y su dueño era Joan Güell Ferrer. Se trata de la segunda fábrica téxtil de Cataluña por antigüedad, después de la fábrica de "panyos" de Manresa, al Bages.

Se encuentra en el barrio de Sants y se desarrolla en planta baja y tres pisos: en cadauno se elaboraba un proceso distinto de la fabricación de panas, y sus máquinas funcionaban gracias al vapor (de ahí el nombre de la biblioteca).

En el 1976 fue declarada monumento histórico artístico y una decena de años después se empezó a mirar como posible espacio para equipamientos que el barrio de Sants necesitaba.

### La biblioteca Vapor Vell

en el 1998 se iniciaban la construcción de una biblioteca y un centro escolar, inaugurados en el 2000.

La biblioteca ocupa la tercera y la cuarta planta del edificio, con una superficie de 2.000 m<sup>2</sup>, y se ha mantenido la estructura arquitectónica interior, con vigas de madera,

El espacio se ha dejado lo más posible libre de compartimentaciones, dejando a los usuarios la posibilidad de utilizar todo el espacio y sobretodo dejando que se llene de luz natural gracias a los grandes y rítmicos ventanales laterales. Además se ha aprovechado del lucernario orientado hacia norte para enriquecer la calidad lumínica del ambiente: se ha creado un hueco en la forjado entre las dos plantas permitiendo que la luz cenital pueda penetrar hasta la planta de abajo. Gracias al lucernario se consigue una luz difusa y constante a lo largo del día, sin que provoque deslumbramiento, factor muy importante para una biblioteca.

### 4.3.4 VAPOR VELL DE SANTS

año 1848

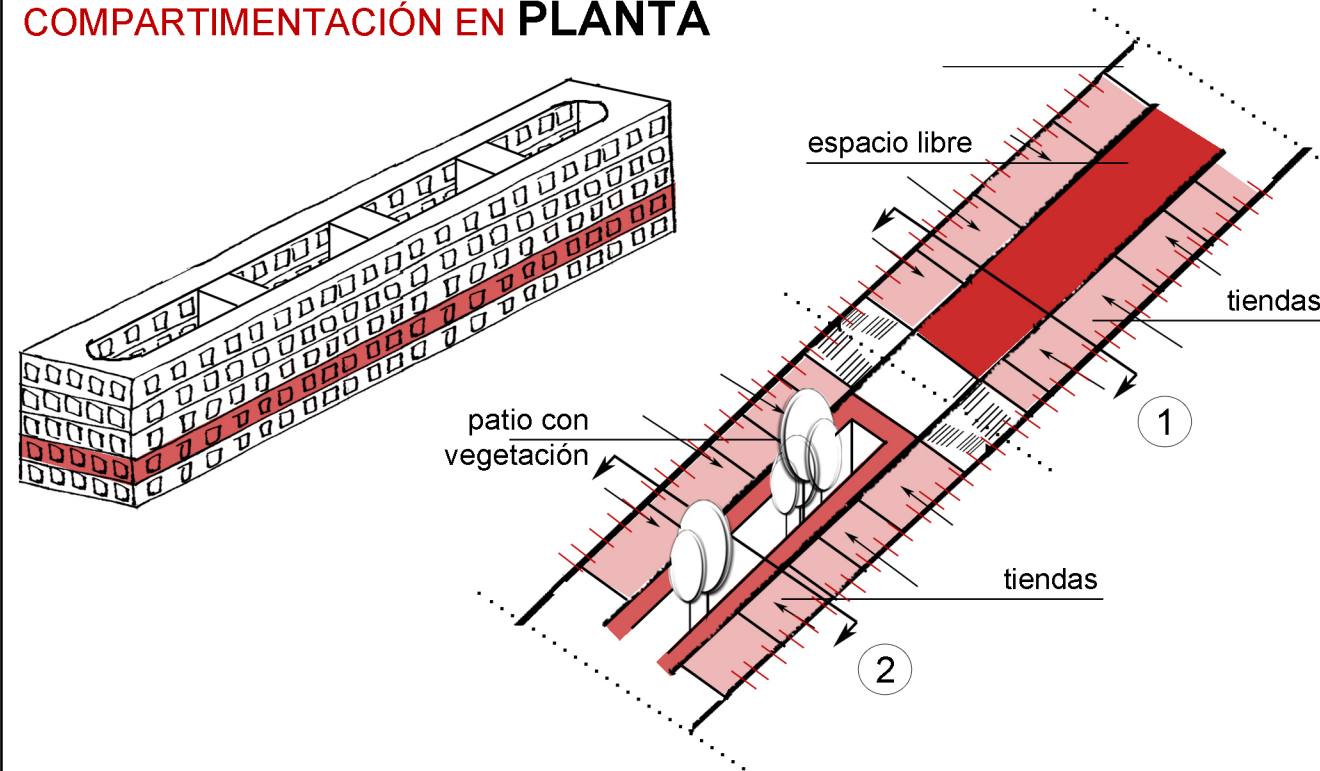
### Biblioteca Vapor Vell

año 2000

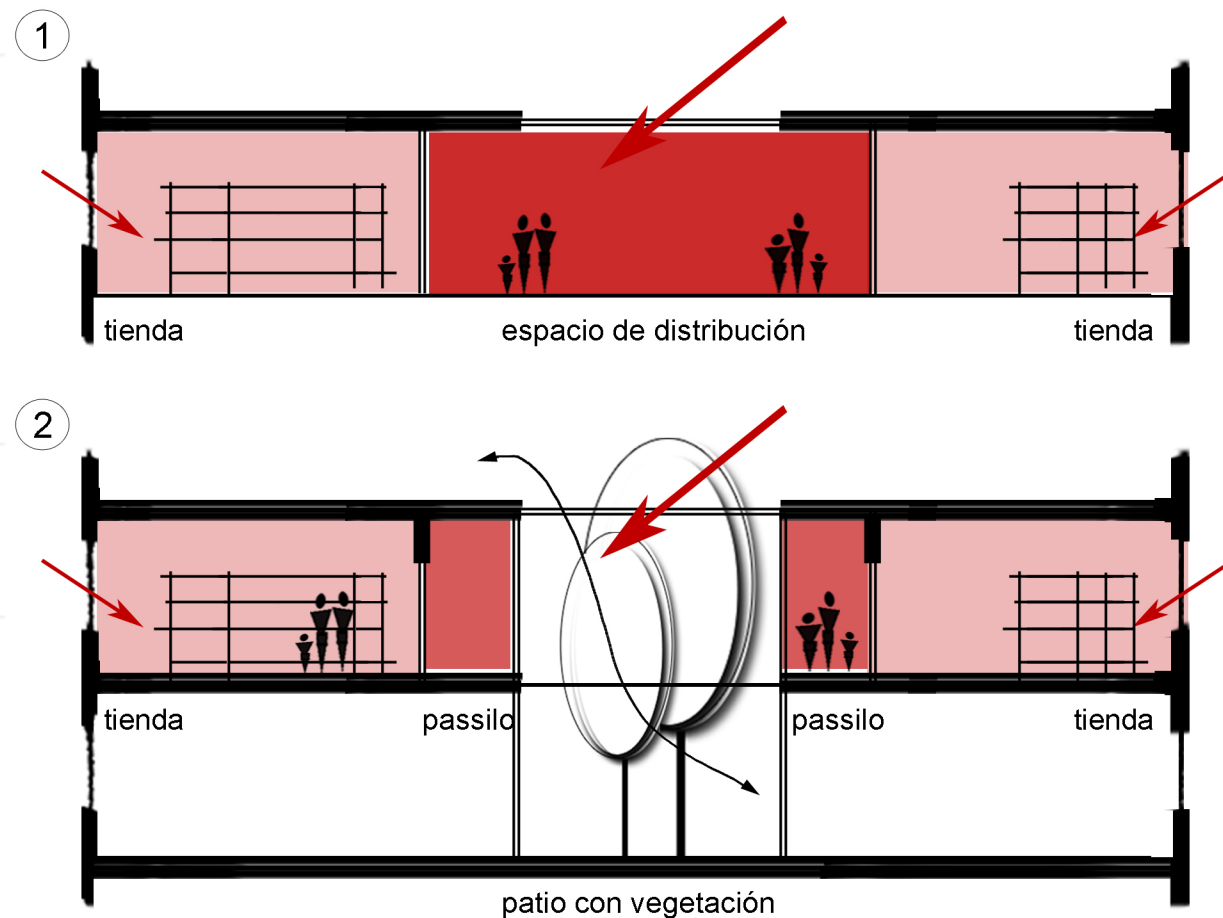




## COMPARTIMENTACIÓN EN PLANTA



## COMPARTIMENTACIÓN EN SECCIÓN



Lingotto FIAT

El Lingotto es la fábrica más importante de producción de coches FIAT, Fabbrica Italiana Automobili Torino, fundada por Giovanni Agnelli en el 1899 y construida en el 1915 por el ingeniero Giacomo Matté Trucco, con el proyecto estructural realizado por el ingeniero G. S. Porcheddu, con el método Hennebique de estructuras en hormigón armado, siguiendo el modelo de las fábricas de coches Ford. Fue el primer ejemplo de construcción modular en hormigón armado, basado en la repetición de tres elementos: pilares, vigas y forjados.

El cuerpo principal de cinco plantas constaba de dos cuerpos longitudinales de 508 metros por 24,5 metros de anchura y unidos por cinco cuerpos transversales, donde se concentraban las conexiones verticales y que creaban cuatro patios. La cubierta era una pista de hormigón armado destinada para la prueba de los coches fabricados: el proceso de producción de un vehículo empezaba desde abajo y subía planta por planta hacia arriba, terminando en la pista de prueba.

La fachada se caracteriza por una malla 6x6 para que las aberturas altas aseguraran una entrada de luz natural máxima.

### El centro comercial "8 Gallery"

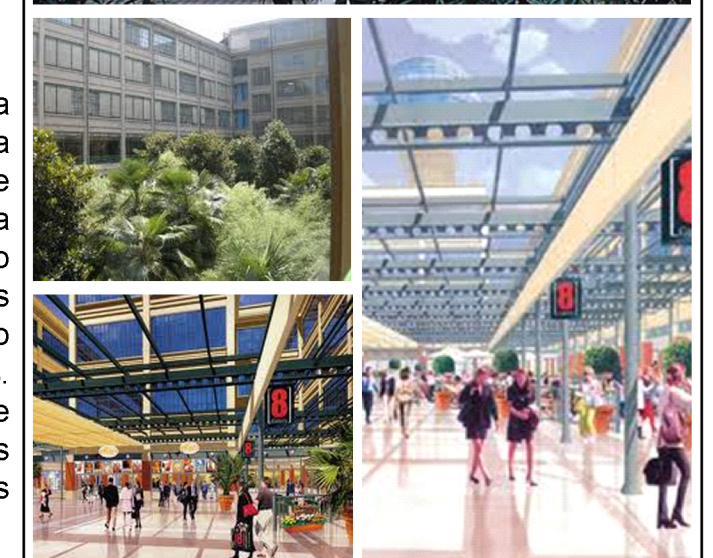
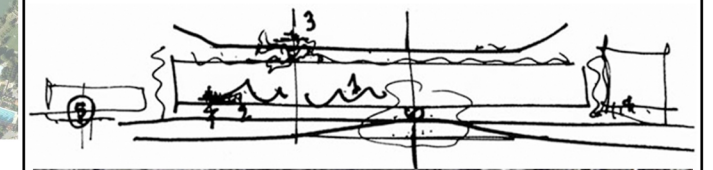
El concurso internacional para la reorganización de la fábrica fue ganado por Renzo Piano: el proyecto respeta y mantiene el ritmo de las aberturas y de los pilares que caracteriza el edificio, y utiliza los patios y la cubierta para las nuevas necesidades para el nuevo grande centro polifuncional. En el centro comercial (segunda planta) las tiendas ocupan el perímetro del edificio, dejando el espacio central abierto e iluminado para el paseo de los visitantes. Un patio se ha cubierto con una cristallera, mientras que otro se ha dejado abierto con vegetación que ayuda a las condiciones climáticas, regulando la entrada de los rayos solares.

### 4.3.5 LINGOTTO FIAT

año 1915

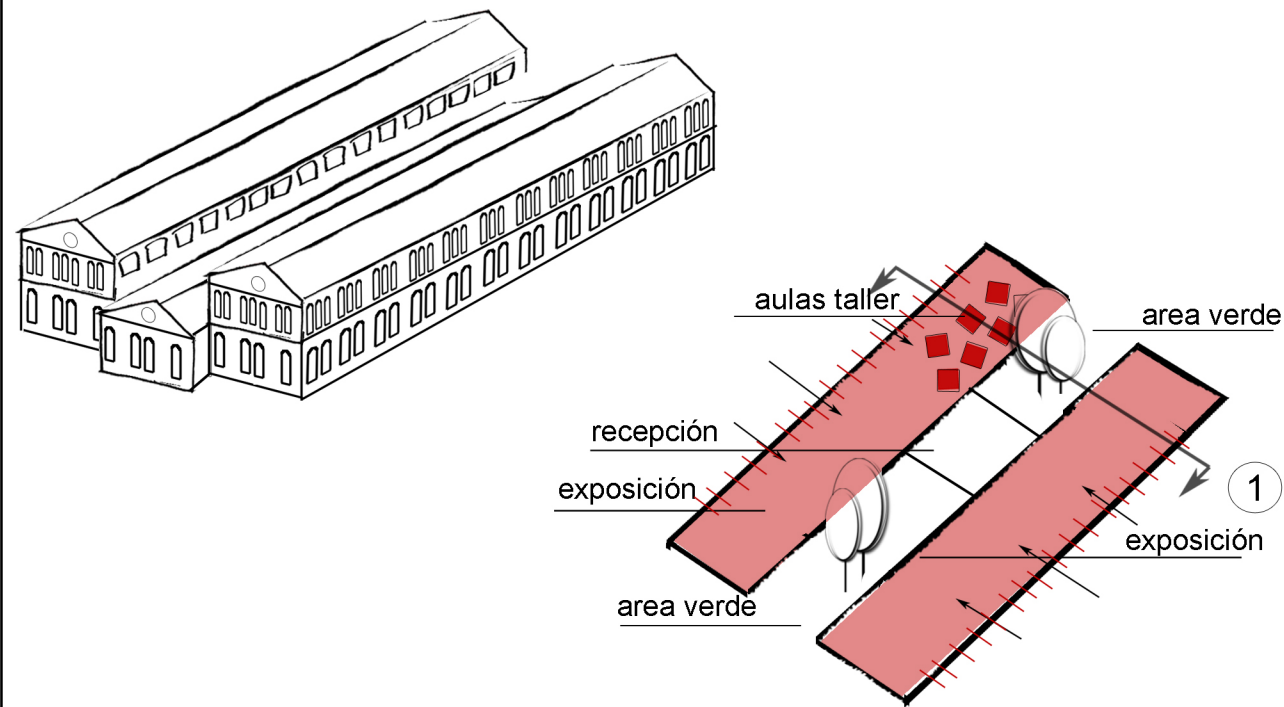
### Centro comercial "8 Gallery"

año 1983 - 2002

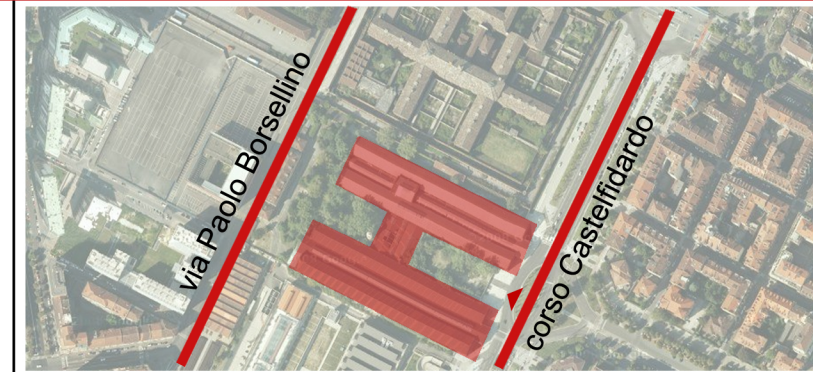
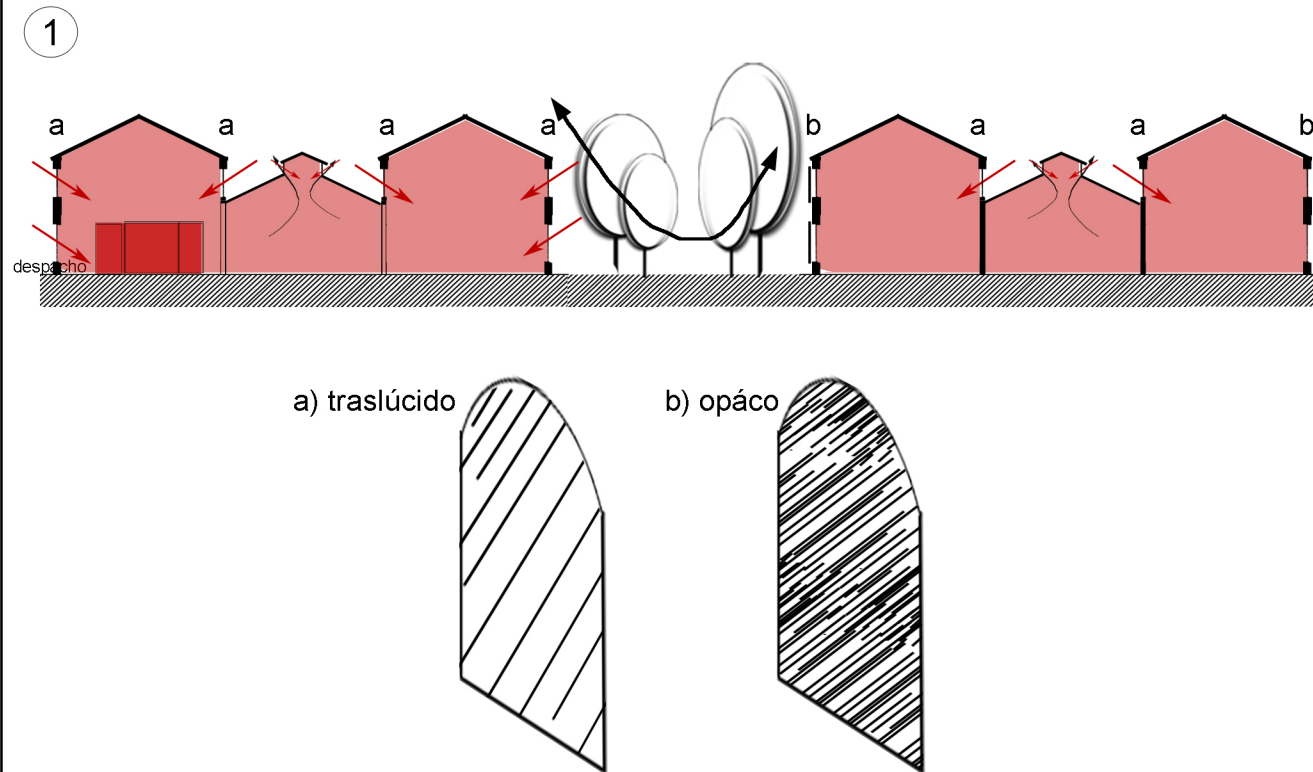




## COMPARTIMENTACIÓN EN PLANTA



## COMPARTIMENTACIÓN EN SECCIÓN



Officine Grandi Riparazioni (OGR)

Pocos años después de la Unidad de Italia (1861), y con la pérdida del título de capital de Italia, la ciudad de Torino tuvo que replantearse su vocación para el futuro, y se apuesta para la industria.

En estos años se construyeron estos talleres para la reparación de locomotoras y vagones de ferrocarriles, que ocupan una superficie de más de 20.000 metros cuadrados, con una nave que se desarrolla en eje este-oeste largas hasta 200 metros.

El perímetro es de pilares de ladrillos, mientras que el interior se caracteriza por hileras de columnas de hierro fundido dando un ambiente de catedral al edificio.

### La exposición para los 50 años de la Unidad de Italia

En el 2010 el estudio 5+1AA ganó el concurso para la reconversión de estas antiguas naves para la exposición del año siguiente en ocasión de la celebración de 150 años de la unidad de Italia.

En la nave más al norte, la planta libre permite organizar con libertad la exposición. La necesidad de una cierta oscuridad ha llevado a oscurecer los grandes ventanales perimetrales, cubriéndolos por fuera con una capa de material plástico opaco, dejando a vista las ventanas por dentro, pero impidiendo a la luz natural de entrar.

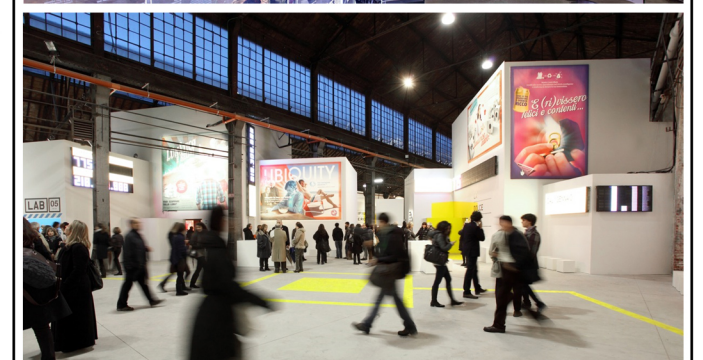
En la otra nave, la exposición prevista no pide el mismo nivel de oscuridad, así que las ventanas tienen la misma capa exterior añadida, pero esta vez traslúcida, de manera que la luz natural pueda entrar pero de manera difusa, evitando deslumbramiento.

Además en esta última nave se ha seguido el principio del "construido en el construido", colocado unos cubos opacos como talleres para los niños: se trata de subespacios independientes, climatizados y iluminados artificialmente, sin el aprovechamiento de las condiciones naturales exteriores.

### 4.4.1 OFFICINE GRANDI RIPARAZIONI

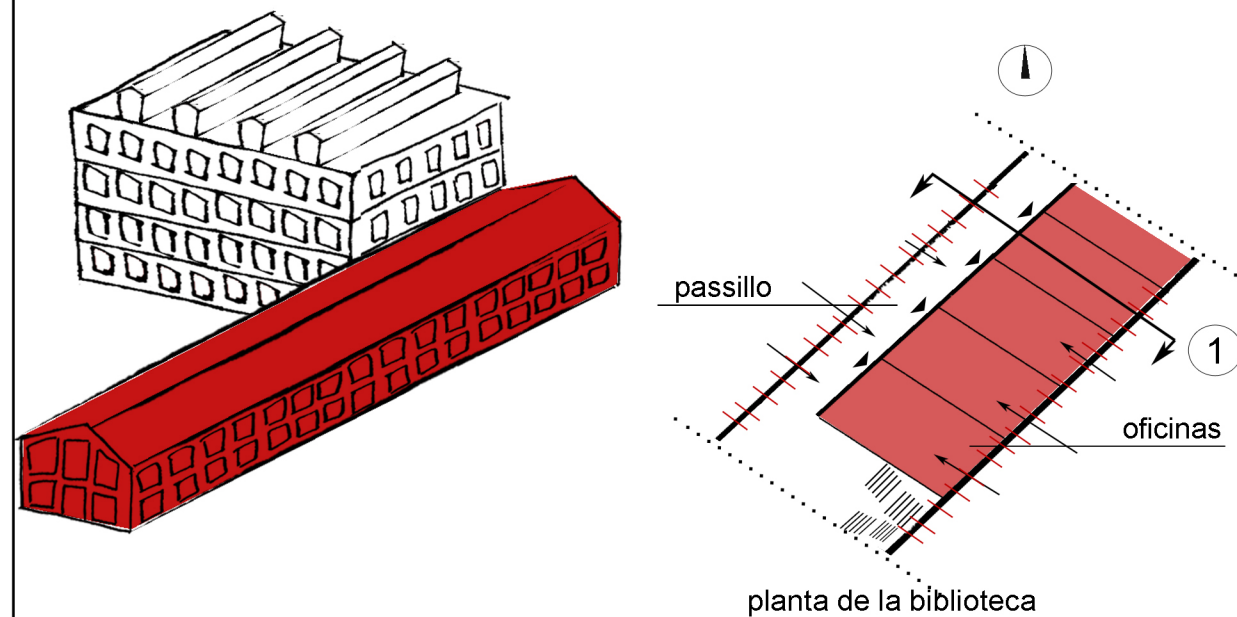
año 1885 - 1895

Exposición 150 años  
Unidad de Italia  
año 2011

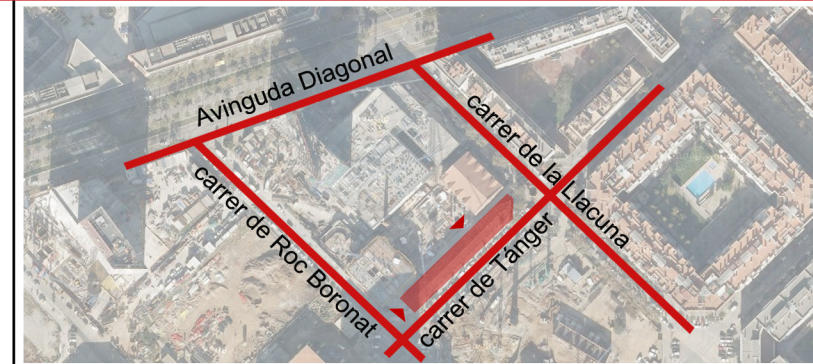
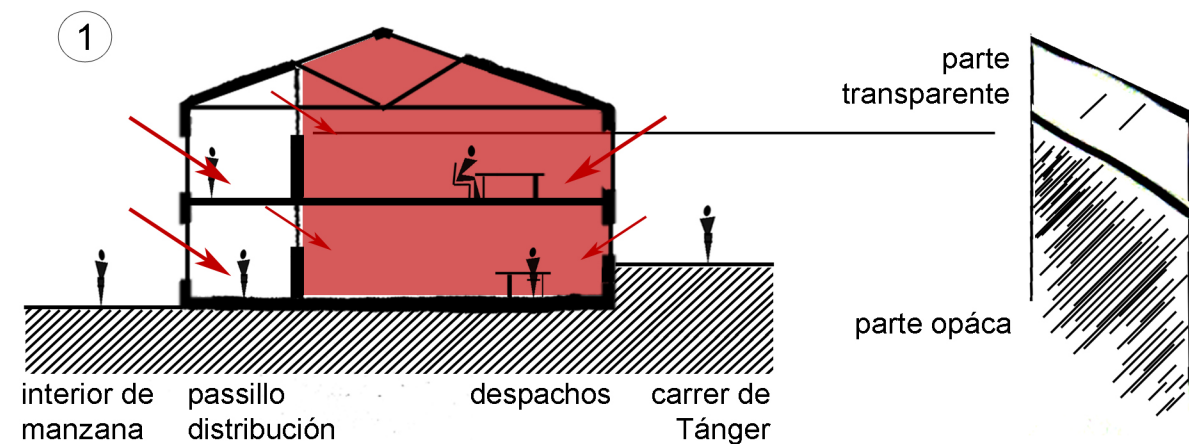




## COMPARTIMENTACIÓN EN PLANTA



## COMPARTIMENTACIÓN EN SECCIÓN



Can L'Arañó

Era una fábrica textil de los Arañó, una familia de sederos de la ciudad de Manresa, que se dedicaba a la elaboración de hilados y tejidos de mezcla de algodón y lana. Fue construida por el arquitecto Josep Marinon i Cot en 1874 en estilo manchesteriano, en ladrillo visto con cerchas de hierro. El conjunto fabril se compone de dos construcciones: una, situada en la calle de la Llacuna, de tipología de fábrica de pisos, y la otra, de un cuerpo lineal más bajo, tipo nave, a lo largo de la calle Tànger.

La nave, un edificio longitudinal de 80 x 9 m2 planta, de cuerpo lineal más bajo y que se utilizaba como almacén, está conformado y ejecutado sólo en planta baja y piso. Tiene una estructura de pilares y jácenas de fundición con el mismo tipo de unión que en la fábrica de pisos contigua.

### La Universidad Pompeu Fabra - nave

El proyecto de rehabilitación fue llevado a cabo por Antoni Vilanova y Eduard Simó.

Tratándose de una planta rectangular larga y estrecha, con ventanas a lo largo de los dos lados más largos, se optó por crear un passillo de distribución hacia el interior de manzana, en exposición noroeste, de donde se accede a los despachos que reciben luz natural desde sureste.

Las paredes interiores de división entre el passillo y los despachos tienen la parte inferior opaca para obtener una cierta privacy y la parte superior transparente, de manera que las salas cerradas pueden aprovechar de una doble entrada de luz natural: una directa y otra indirecta.

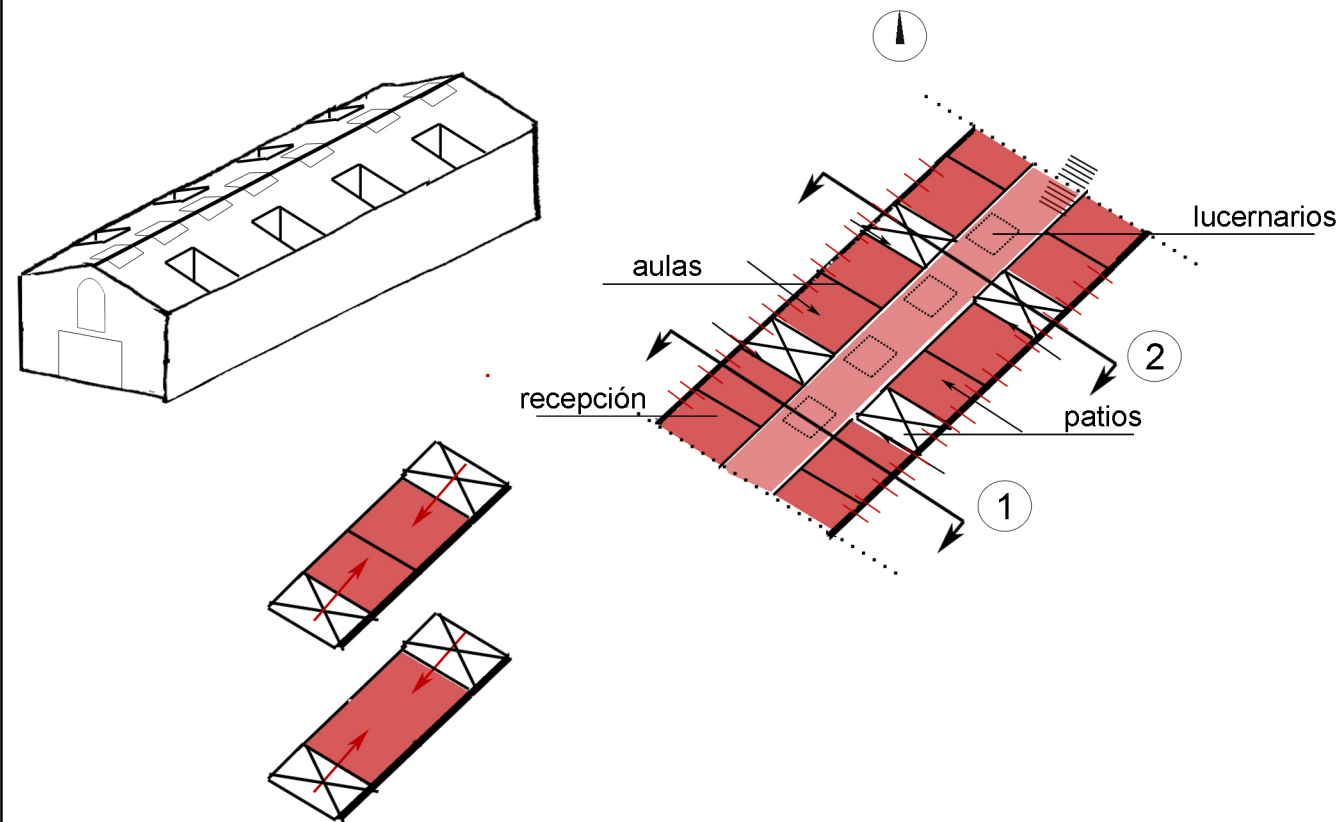
### 4.4.2 CAN L'ARAÑÓ año 1874

### Universidad Pompeu Fabra año 2008

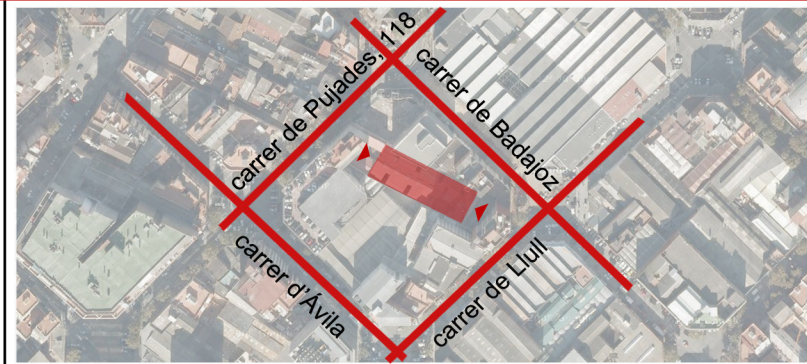
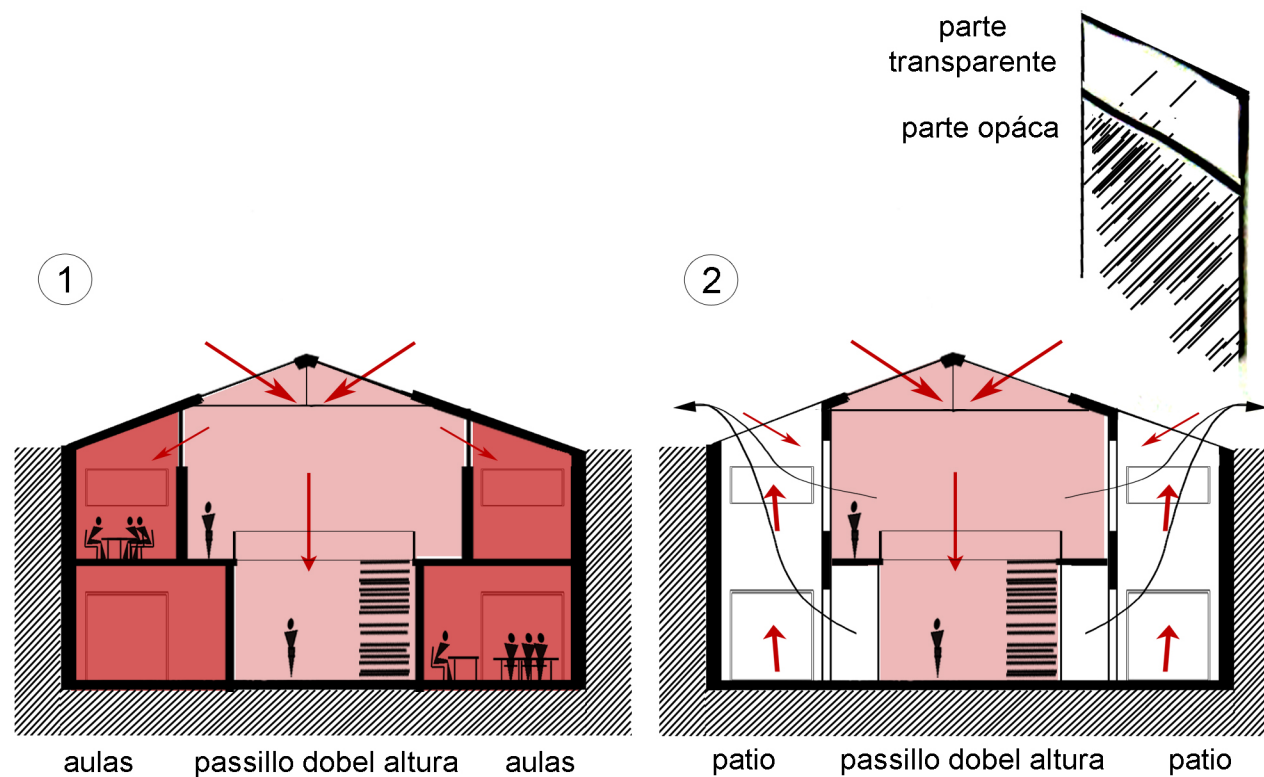




## COMPARTIMENTACIÓN EN PLANTA



## COMPARTIMENTACIÓN EN SECCIÓN



### Almacén de trapos de Francisco Munné

El edificio forma parte del patrimonio arquitectónico del Poble Nou y fue levantado a finales del siglo XIX. La nave originariamente era de planta baja más dos pisos, con planta rectangular y cubierta a dos aguas. Está ubicada en el patio interior de una manzana del Poble Nou, y la iluminación natural se conseguía a través de unas linternas en la cubierta. Su estructura se caracteriza por pilares de madera apoyados sobre pilares de hierro de fundición.

### La Escola Superior de Disseny LA BAU

En el 2003 se rehabilitó la antigua nave industrial para convertirla a un nuevo uso: la Escola Superior de Disseny LA BAU, que depende de la Universidad de Vic. Los responsables del proyecto fueron Josep Boncompte y Guillermo Font, que decidieron conservar el aire industrial de la vieja nave fabril.

La nueva escuela se desarrolla en planta baja y altillo, dejando libre el passillo central que resulta muy luminoso por la entrada de luz cenital que se ha mantenido, reconstruyendo claraboyas en el techo. Encontrándose encerrada entre construcciones laterales, se optó para la creación de ocho patios que, a una distancia rítmica de 15 metros, marcan la distribución de las aulas. Las salas de planta baja de hecho, tienen ventanas que dan a los patios, mientras que las del altillo tienen además la parte alta de los tabiques transparente, consiguiendo una mayor iluminación. El proyecto de reconversión supo aprovechar de las características de la antigua fábrica, y con la inserción de nuevo elementos ha conseguido crear un espacio lumínico activo, vivo y dinámico.

### 4.4.3 ALMACÉN DE TRAJOS DE FRANCISCO MUNNÉ finales del siglo XIX

### Escola de Disseny "LA BAU" año 2003







Parte 5 \_ **ANÁLISIS DEL CASO ESTUDIO:  
LA ESCOLA BAU**

## 5.1 LA ESCOLA BAU

### 5.1.1 Presentación del caso estudio

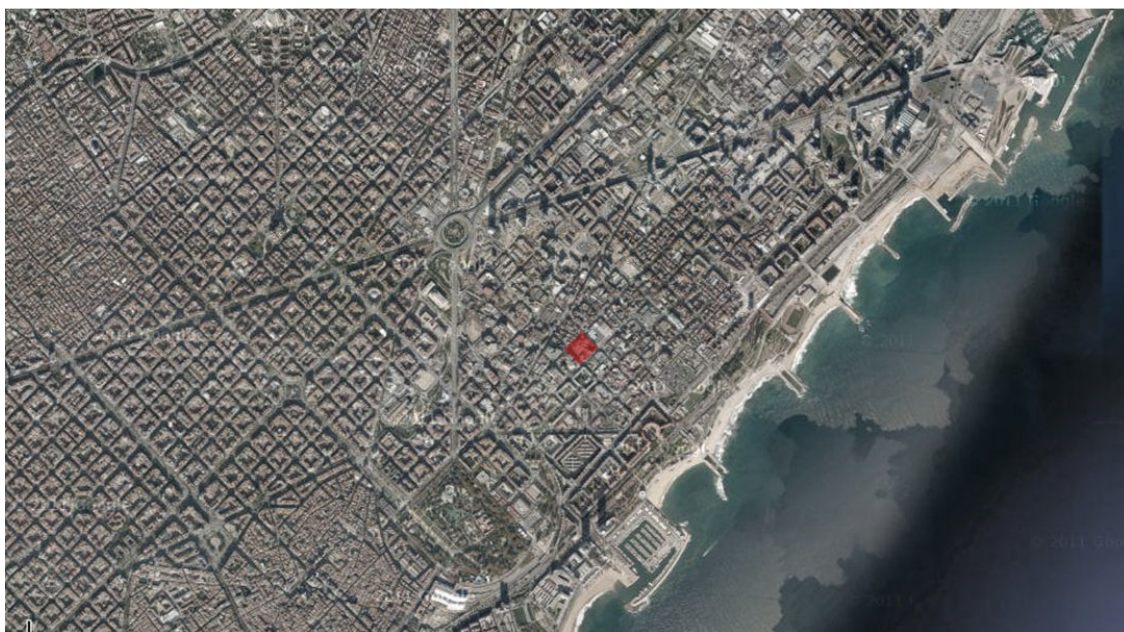
Entre los varios edificios analizados y presentados en la parte anterior, ha sido escogido uno en concreto para desarrollar más en detalle el comportamiento del edificio reconvertido bajo el punto de vista de la luz natural.

La elección de este ejemplo se debe a dos factores: ante todo la colocación de la antigua fábrica en el tejido urbano actual, que hace que sólo se pueda aprovechar de la iluminación cenital, encontrándose el edificio encerrado por construcciones que lo rodean perimetralmente; en segundo lugar por el interés que ha suscitado el proyecto de reconversión, que ha sabido crear un espacio interior muy interesante por las condiciones lumínicas que se crean, no obstante las dificultades que presentaba la situación inicial de la fábrica en cuestión de entradas de luz.

La fábrica forma parte del patrimonio arquitectónico del barrio del Poble Nou en la ciudad de Barcelona.

Este barrio representaba hasta mediados de los años sesenta una importante área industrial de la región catalana. Hoy es objeto de un proyecto de renovación total, el *Plan 22@*, del cual se ha hablado ya en el capítulo 3 de la parte 1.

El objetivo de este programa es la reconversión de la zona antiguamente industrial en un nuevo distrito de actividades relacionadas con las tecnologías de la información y la cultura. Así que los espacios fabriles han sido reutilizado para toda una red de equipamientos culturales, cívicos y educativos.



Emplazamiento de la fábrica en el tejido urbano del Poble Nou.



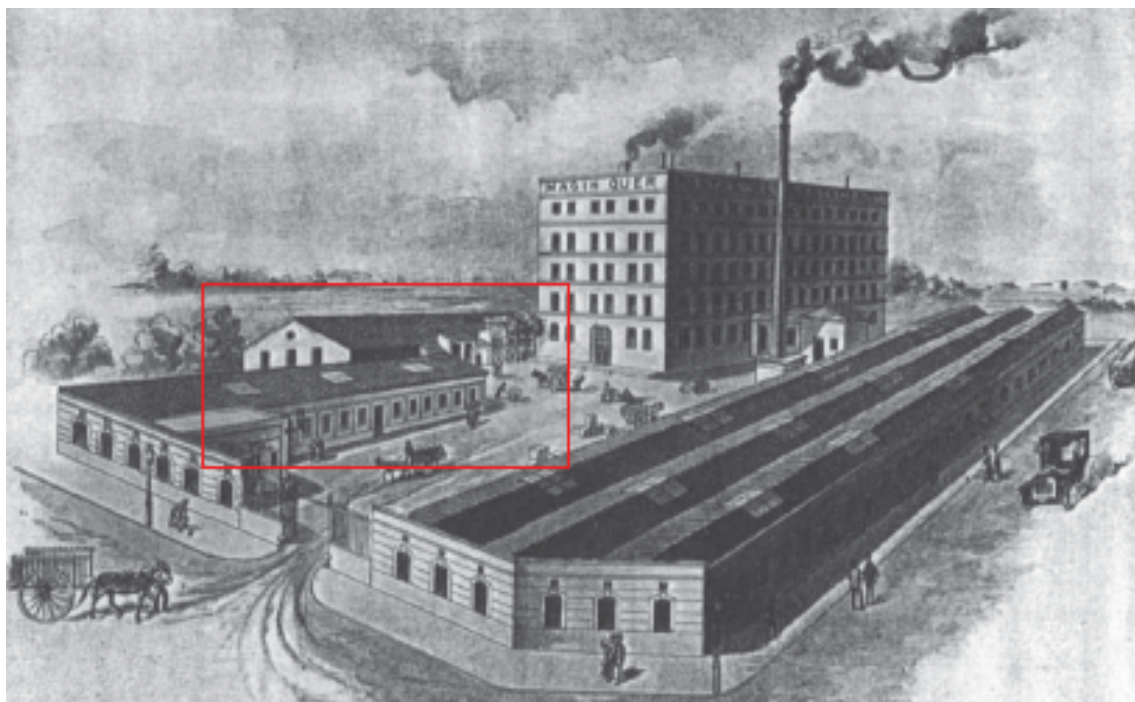
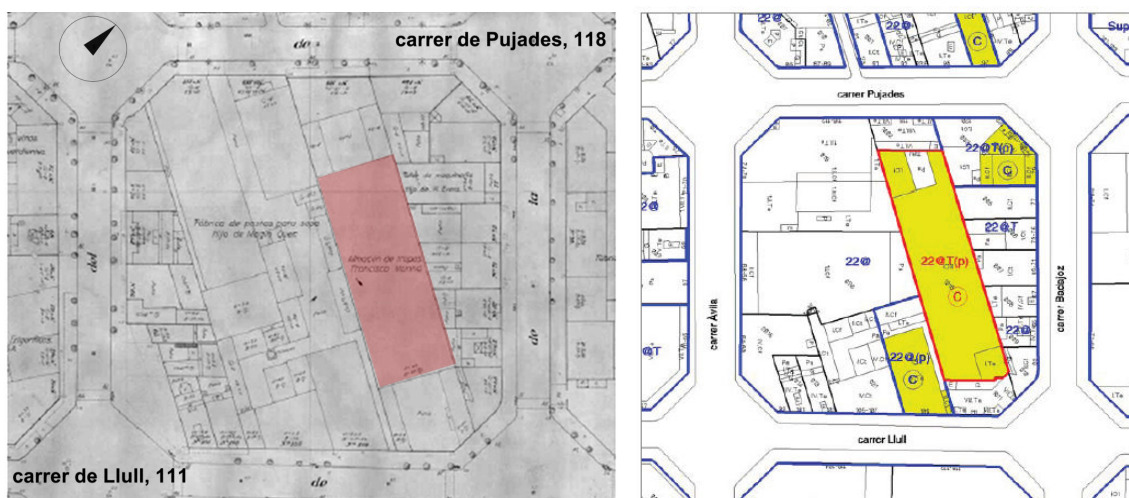
### 5.1.2 La antigua fábrica: Almacén de trapos de Francisco Munné

Fue construída a finales del siglo XIX o principio del siglo XX como almacén de trapos.

Por falta de referencia documental directa, las pocas informaciones derivan basicamente de la documentación gráfica. De hecho existen representaciones gráficas en las imágenes del recinto industrial de Magi Ouer, que tenía la importante fábrica de pastas alimenticias en carrer de Pujades. Como se puede ver en las imágenes, la fábrica ya estaba retirada respecto al carrer de Pujades.

No se conoce quien fue el promotor, pero en cualquier caso, en el año 1927 la construcción albergaba el almacén de trapos de Francisco Munné.

(Archivo de referencia: Plan Martorell 1927).



Dibujo idealizado de la fábrica Magin Ouer, donde se puede ver el almacén de trapos.



Se trata de una nave de planta rectangular y cubierta a dos aguas, ubicada en un patio interior de manzana y originariamente era de planta baja más dos pisos. Destaca la estructura, que vé pilares de madera apoyados sobre pilares de hierro de fundición.



Fotos de como se encontraba la fábrica antes de la rehabilitación.



La luz penetraba cenitalmente a través de lucernarios colocados a distancias más o menos regulares de 4 metros. Estas torretas captaban la luz natural de norte y sur.





### 5.1.3 El proyecto de reconversión: la nueva Escola BAU



En el 2003 se rehabilitó la antigua nave industrial para convertirla a un nuevo uso: la Escola Superior de Disseny LA BAU, que depende de la Universidad de Vic.

Los responsables del proyecto fueron Josep Boncompte y Guillermo Font, que decidieron que la nueva escuela debía conservar el aire industrial de la vieja nave fabril.

- A nivel estructural

Se recuperaron las vigas de madera y se pudieron conservar el cuerpo central, los pilares, y los paramentos de ladrillo.

- A nivel matérico

Los materiales utilizados han sido elegidos para que pudieran contribuir a recuperar la estética inicial: pavimentos de hormigón, ladrillos pintados sin rebozar, y las tejas se sustituyeron por hierro crudo que se ha ido oxidando. Algunas de las vigas que ya no podían seguir su función fueron aprovechadas por ejemplo para la barra del bar.

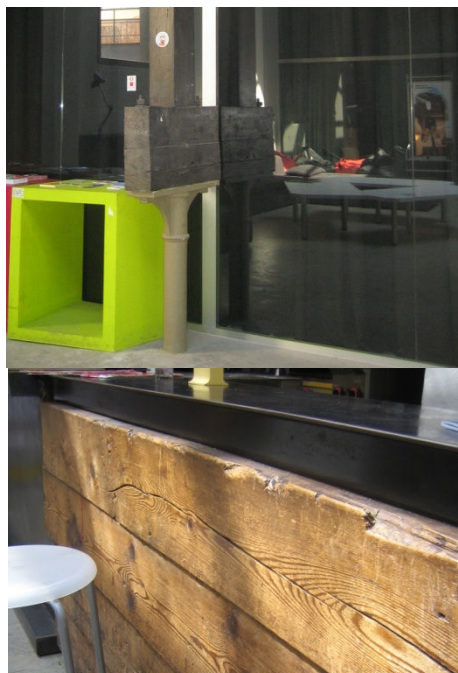
- A nivel distributivo

El edificio presenta hoy un espacio central, convertido en espina dorsal de la escuela, que permite tener una visión de la altura entera de la fábrica, y sirve como núcleo de distribución a los distintos espacios distribuidos perimetralmente. Se construyó un altillo, una segunda planta que alberga otras salas de estudio, a las cuales se accede a través de dos escaleras situadas en el mismo pasillo intermedio.

- A nivel lumínico

Se crearon ocho patios pequeños de 3,20 x 7,70 metros, uno de los puntos que más destacan en esta intervención y sobretodo básicos para poder iluminar el espacio interior, y que han marcado la distribución de las aulas. La distancia entre ejes de los patios es de 15 metros, y la distancia libre de 12,5 m. permite albergar dos aulas de 50 m<sup>2</sup> en planta baja, y aulas dobles de 75 m<sup>2</sup> en el altillo.

Las aulas en planta baja reciben luz natural por las ventanas que dan a los patios: siendo única la entrada, se trata de aberturas relativamente grandes, de 3 metros de ancho por 2,10 metros de altura.



En las aulas dobles del altillo las aberturas tienen un tamaño de 3x1 m. pero las salas de arriba aprovechan del hecho de tener una doble abertura en los dos lados opuestos (correspondiente a los dos patios) y otra entrada de luz secundaria por la parte alta de los tabiques que las separan del espacio libre central donde penetra una cantidad elevada de luz natural por las claraboyas del techo.

Como ya se ha explicado en el capítulo 7 de la tercera parte, las aberturas horizontales reducen el riesgo de deslumbramiento, factor muy importante en una escuela donde se trabaja con ordenadores, máquinas de cocer, etc. y además conllevan una distribución de la iluminación que se mantiene relativamente constante a lo largo del día.









#### 5.1.4 Objetivo y técnicas para la evaluación de las condiciones lumínicas

El objetivo del análisis que se quiere desarrollar sobre el funcionamiento de este edificio reconvertido frente la iluminación natural, es de estudiar qué cantidad de luz natural entra y como ella se reparte en el espacio interior.

Siendo el interior de esta escuela caracterizado por una sucesión de espacios muy distintos entre ellos, creados por el interesante proyecto de reutilización que se llevó al cabo, será interesante ver como cambian las situaciones lumínicas, y sobretodo como afectan una a la otra.

En primer lugar se hizo un estudio previo con el programa *Heliodon*, para obtener la exposición solar del edificio a lo largo del año.

Una vez entendido el comportamiento del edificio considerado como un bloque único, se ha empezado con el estudio del interior de la escuela, utilizando los 3 principales métodos de evaluación, que van del cálculo manual, a la simulación con ordenador, hasta la toma de mediciones *en situ*.

Antes de presentar y observar los resultados, se hará una pequeña introducción general a los tres métodos, para tener presente ante todo las limitaciones y las ventajas de cada uno de ellos.

- La técnica analítica:

Se trata del **cálculo manual**, que prevé el uso de fórmulas para poder obtener manualmente los resultados. Se trata seguramente del método más barato, aunque tenga varias desventajas entre las cuales la consideración de pocos parámetros y variables que complicarían demasiado la computación, la lentitud y también la mayor probabilidad de errores.

- La técnica comparativa:

Consiste en la creación de un modelo de relación comparada, que se analiza a través de un **programa de ordenador** (en este caso: Dialux). La ventaja principal de este método es la posibilidad de poder considerar una gran cantidad de parámetros, aunque pueda ser difícil controlarlos. Por esto no es del todo fiable, por barato y rápido que pueda ser.

- La técnica empírica:

Se utiliza tomando **mediciones en situ**. Seguramente se trata del método que más se acerca a la realidad, aunque dependa en cualquier caso de los datos que se quieren tomar, y de la fiabilidad y precisión de las herramientas que se utilizan (en este caso: Luxómetros), con el riesgo que estén mal calibradas. Otro factor negativo de las mediciones es que siendo una técnica experimental, tiene su complejidad a la hora de

efectuarla, y pueden presentarse situaciones imprevisibles que ralentizan o complican la toma de datos.

TÉCNICA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
<u>Analítica</u> (cálculo a mano)	Más barato	Pocos parámetros considerados, más lento, más posibilidad de errores
<u>Comparativa</u> (programa de ordenador, modelo de relación comparada)	Más barato, más rápido, más parámetros considerados	Menos controlables, no del todo fiable
<u>Empírica</u> (mediciones <i>en situ</i> )	Más real	Herramientas mal calibradas, experimental, complejidad, imprevisibilidad

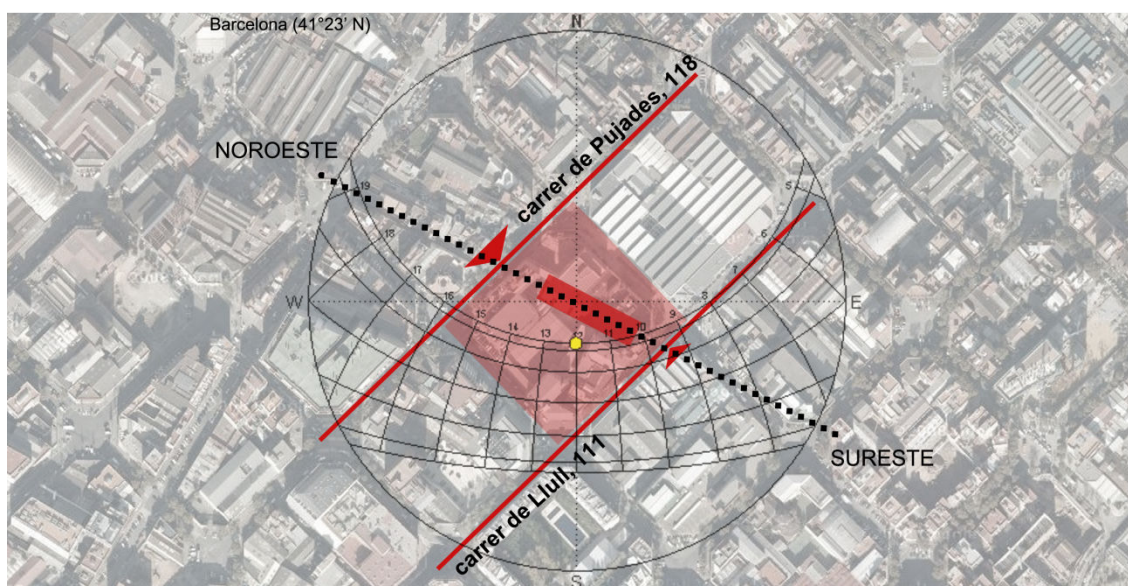
### 5.1.5 La exposición solar

En primer lugar se presenta un estudio previo sobre la exposición solar del edificio a lo largo del año.

Para este análisis entran en juego la latitud del lugar (Barcelona 41°23'N), la orientación del edificio y las obstrucciones del entorno, que afectan la entrada de luz solar en el edificio, según sus posiciones respecto a la escuela y sus alturas.

El edificio ocupa el interior de una manzana del Poble Nou y su planta rectangular tiene el lado más largo en dirección noroeste – sureste.

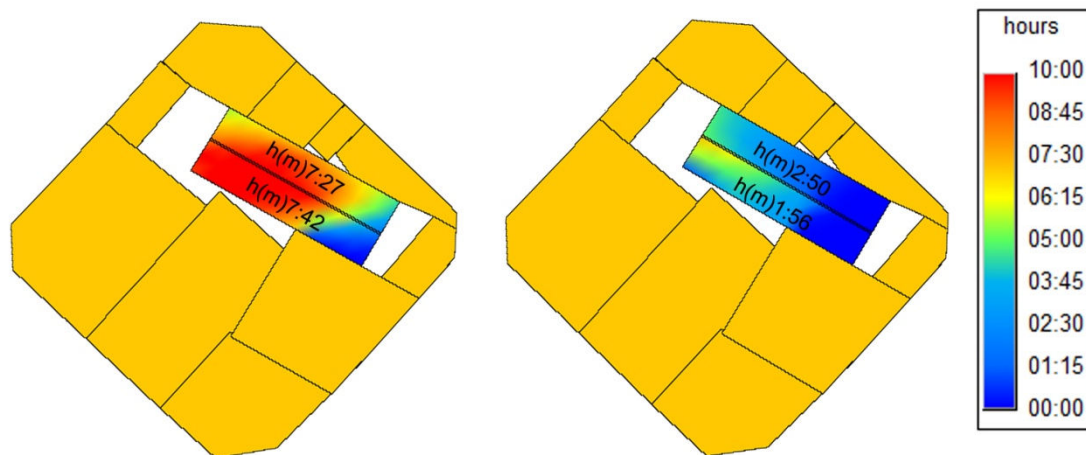
Al edificio se puede acceder por dos calles, desde C. Pujades, 118 y desde desde C. Lull, 111, aunque el acceso principal sea desde noroeste.



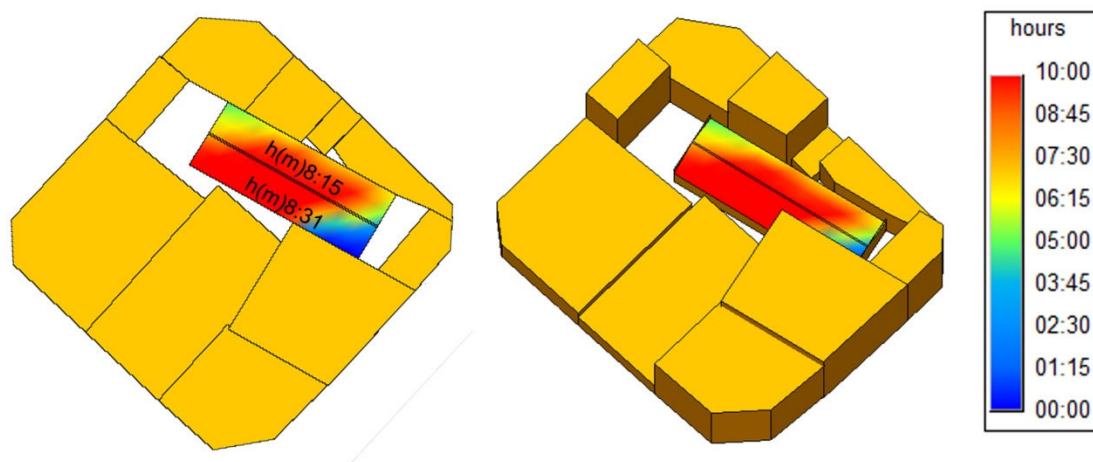
Para saber las horas de sol que recibe el edificio a lo largo del año, y los períodos en los cuales la escuela se encuentra en la sombra, debida a las construcciones que lo rodean y que impiden a los rayos solares de llegar a los lucernarios y a los patios por donde el interior recibe la luz natural necesaria, se ha creado un modelo de la manzana en el programa Heliodon, y de aquí se han podido sacar los resultados de asoleamiento sobre una malla dispuesta en la cubierta de la nave.

Se enseñan aquí los gráficos más interesantes y útiles:

- Horas de asoleo período 21 Junio – 21 Septiembre / 21 Diciembre – 21 Marzo:



- Horas de sol del día 15 de Julio, fecha de las mediciones:



## 5.2 EVALUACIÓN LUMÍNICA DE UNA SALA DE ESTUDIO

El confort y la comodidad visual dependen de la facilidad de nuestra visión para percibir lo que le interesa. El primer requerimiento entonces resulta ser la cantidad de luz (la *iluminancia*), para que sea suficiente para que se puedan distinguir los detalles de la escena que nos rodea. Los valores recomendables varían según las actividades que el espacio alberga.

ILUMINANCIA (valores generales)	
actividades con esfuerzo muy alto: dibujo de precisión, joyería, etc.	1.000 lux
actividades con esfuerzo visual alto o muy alto de poca duración, lectura, dibujo, etc.	750 lux
actividades con esfuerzo visual medio o alto de poca duración: trabajos generales, reuniones, etc.	500 lux
actividades de esfuerzo visual bajo o medio de poca duración: almacenaje, circulación, reunión, etc.	250 lux

### 5.2.1 Cálculo a mano: iluminancia media de una sala - método del flujo

- Objetivo:

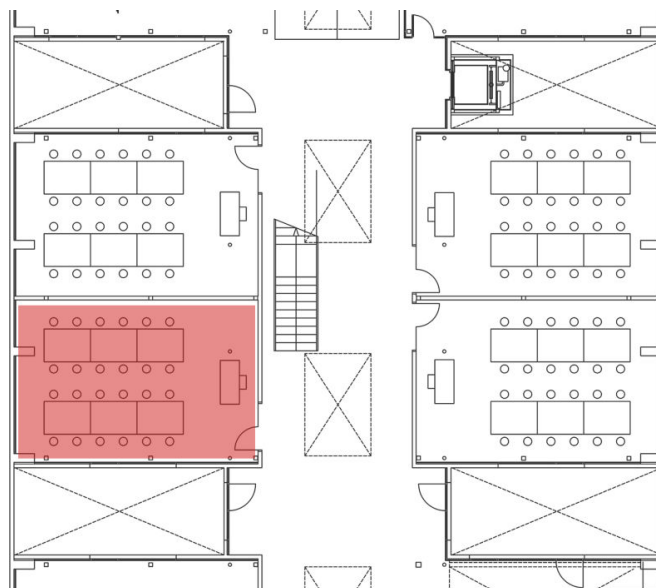
En primer lugar se quiso hacer un rápido cálculo manual del predimensionado de luz natural para obtener aproximadamente la cantidad de luz que penetra en una de las salas, y a partir de aquí deducir la iluminancia media en el plano útil de trabajo.

- Metodología:

La unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación es el *lux* (símbolo *lx*) que equivale a un lumen / m<sup>2</sup> o 1 candela por esteroradianes / m<sup>2</sup> → 1 lx = 1 [lm](#)/m<sup>2</sup> = 1 [cd sr](#)/m<sup>2</sup>.

Se ha considerado una sala de estudio de planta baja, con un área de 50 m<sup>2</sup> y una única abertura con dimensiones 2,1x3 metros y que da a uno de los ocho patios.





Este método resulta sencillo y rápido, y es el más utilizado por la relativa exactitud de los resultados que da en relación al tiempo que conlleva hacer el cálculo.

Se obtiene el valor medio de la iluminancia sobre un plano útil de trabajo a 1 metro de altura del suelo de un espacio interior.

La fórmula que se utiliza es la siguiente( R. Serra Florensa, H. Coch Roura, *Arquitectura y energía natural*, 1991 UPC):

$$E_i = \frac{E_e S_{pas} v t u}{S_l}$$

$E_i \rightarrow$  iluminancia interior, en *lux*

$E_e \rightarrow$  iluminancia media exterior en un plano horizontal sin obstrucciones, en *lux*. Para el cálculo se considera el valor de 10.000 *lux* por día cubierto de invierno y 100.000 *lux* por día despejado de verano.

$S_{pas} \rightarrow$  superficie bruta de paso de la luz para las aberturas, en  $m^2$ .

$v \rightarrow$  factor de abertura, o ángulo sólido de cielo visto desde la abertura respecto del ángulo sólido total del cielo ( $2\pi$ ), en tanto por uno (en un plano vertical valdrá 0,5).

$t \rightarrow$  factor de transmisión del cerramiento globalmente considerado en tanto por uno (normalmente valdrá por debajo de 0,7)

$u \rightarrow$  coeficiente de utilización, o relación entre el flujo que llega al plano iluminado y el flujo entrante al local por la abertura, en tanto por uno (valores de 0,2 a 0,65).

$S_l \rightarrow$  superficie total del local, en  $m^2$ .



- Resultados:

$E_e = 10.000 \text{ lux}$  (o según medición)

$S_{pas}$  (superficie bruta de las aberturas) =  $3 \times 2,1 = 6,3 \text{ m}^2$

$v$  (factor de abertura) = 0,2

$t$  (factor de transmisión del cerramiento) = 0,7

$u$  (coeficiente de utilización) = 0,65

$S_t$  (superficie total del local) =  $6 \times 9 = 54 \text{ m}^2$

**$E_i$  (iluminancia media interior) =  $(10000 \times 6,3 \times 0,2 \times 0,7 \times 0,65) / 54 = 106 \text{ lux}$**

- Límites del método:

Siendo la distribución de la luz en un espacio interior casi siempre irregular, el valor medio que se obtiene con este cálculo da muy poca información útil sobre la condición lumínica del ambiente: se tratará entonces simplemente de un valor aproximado y generalizado. Este valor puede ser más útil en el caso de sistemas cenitales difusores o cuando se quieren hacer evaluaciones aproximadas y generales comparativas.

### 5.2.2 Simulación con *Dialux*: distribución de iluminancias en la sala

- Objetivo:

Para comparar estos valores obtenidos con el compute manual, se hizo una primera simulación con el programa *Dialux*, que permite visualizar la distribución de los valores de iluminancia en el espacio interior analizado, obteniendo los resultados en valores absolutos en *lux*, y también en porcentajes, *DayLight factors*.



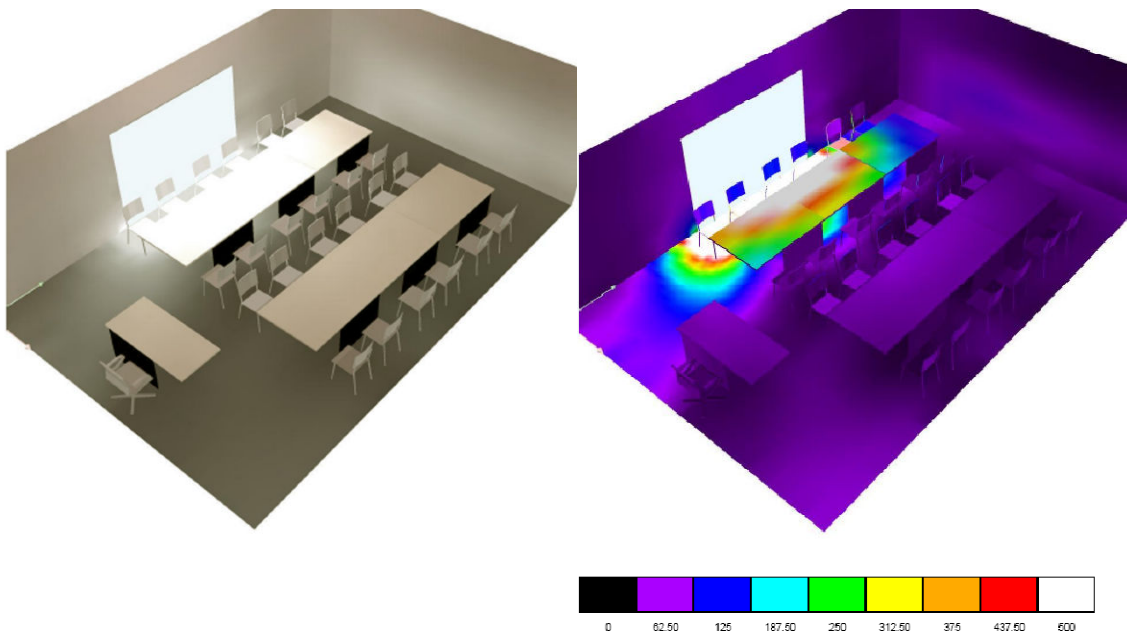
- Metodología:

Se ha creado la superficie de 6 por 9 metros de la sala de planta baja considerada. Se han insertado los objetos presentes en el espacio (sillas y mesas de trabajo) y se han insertado los materiales de las caras internas del envolvente (paredes blancas por el revoco de yeso, techo con ladrillos a vista, suelo de hormigón) porque para el cálculo el programa tiene en cuenta también las reflexiones debidas a los materiales y los objetos presentes en la sala, según los distintos coeficientes.

Superficie	Rho [%]
Pavimento	27
Soffitto	20
Parete 1	78
Parete 2	78
Parete 3	78
Parete 4	78

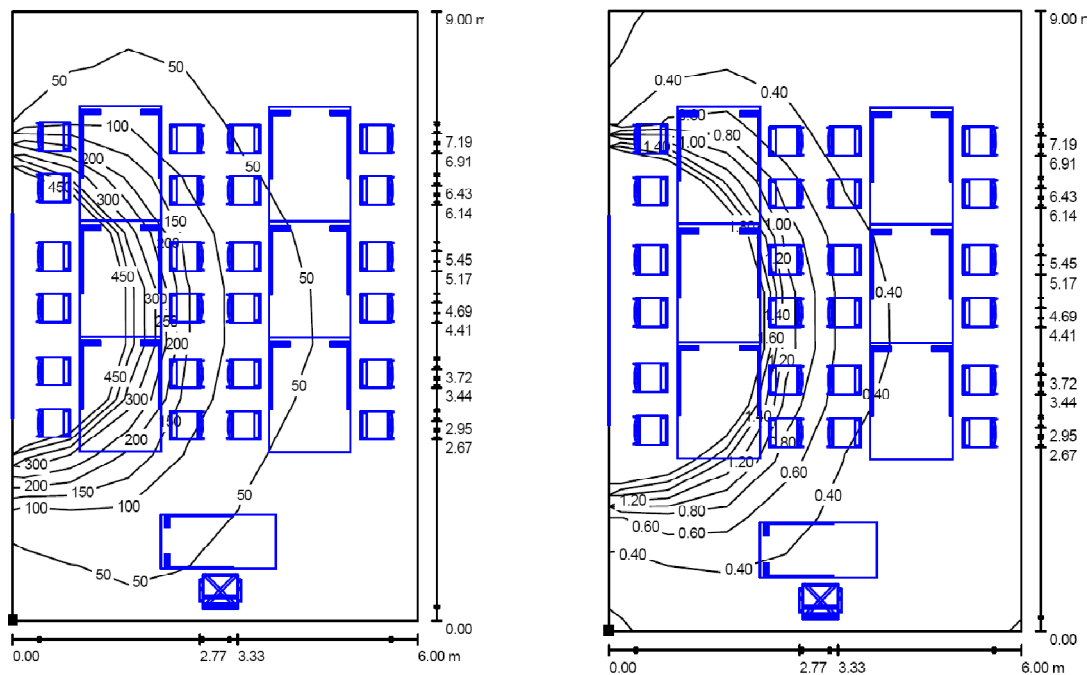
Se ha establecido como escena de luz final el día 21 de Marzo a las 10 de la mañana, porque se vió que las condiciones lumínicas exteriores consideradas por el programa se parecen a las que se asumieron para el precedente cálculo manual: condición de cielo cubierto, con valor aproximado de iluminancia exterior  $E_e = 10.000 \text{ lux}$ .

- Resultados:



Rendering con colores escalonados según los valores de iluminancia ( $\text{lux}$ ).

*Isolux* en la superficie útil (0,85 m del suelo):



$E_m$ [lx] 184	$E_{min}$ [lx] 16	$E_{max}$ [lx] 2707	$E_{min} / E_m$ 0.086	$E_{min} / E_{max}$ 0.006
$D_m$ [%] 1.30	$D_{min}$ [%] 0.11	$D_{max}$ [%] 19	$D_{min} / D_m$ 0.086	$D_{min} / D_{max}$ 0.006

Iluminamento orizzontale all'aperto  $E_e$ : 10618 lx

- Límites del método:

La simulación con ordenador seguramente permite la obtención de valores más reales por el hecho de que se consideran más parámetros que influyen en la repercusión lumínica, como hemos visto por las reflexiones. De todas formas queda una limitación que son las obstrucciones exteriores al espacio, que seguramente tienen una grande influencia a la hora de la entrada de los rayos solares directos o de la entrada de luz reflejada por otras construcciones exteriores, y que en esta simulación no han sido consideradas.

### 5.2.3 Mediciones *en situ*: distribución de iluminancias en la sala

- Objetivo:

Como último análisis, el día 8 de Julio se hicieron unas cuantas mediciones en las distintas aulas de la escuela, incluyendo la sala considerada, para medir en la realidad las condiciones lumínicas puntuales en el espacio en ese momento determinado.

- Metodología:

Para las mediciones de la luz natural, la herramienta utilizada es el “luxómetro”.

Este objeto permite medir los valores de iluminancia o nivel de iluminación en el punto donde se coloca. La parte sensible tiene que mirar hacia arriba y tiene que estar lo más paralelo posible a la superficie donde se quiere medir (sea horizontal como en este caso en una mesa de trabajo, o vertical en el caso por ejemplo de una pizarra).

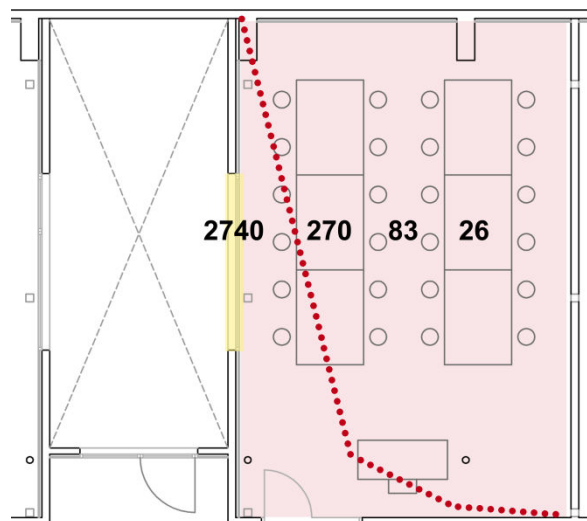


Cuando se mide en espacios exteriores y con luz solar directa, el valor que aparece en la pantalla del luxómetro empieza a balancear, por la grande oscilación que tiene la luz del sol. Por esto resulta muy importante tomar y apuntar contemporaneamente los valores que habrá que poner en relación.

- Resultados:

Para poder obtener una gráfica de cómo entra la luz natural en la sala y sobretodo de cómo disminuye según la distancia de la abertura, se colocaron los luxómetros en 4 distintos puntos que formaban una línea imaginaria desde la ventana hasta el punto perpendicular más alejado.

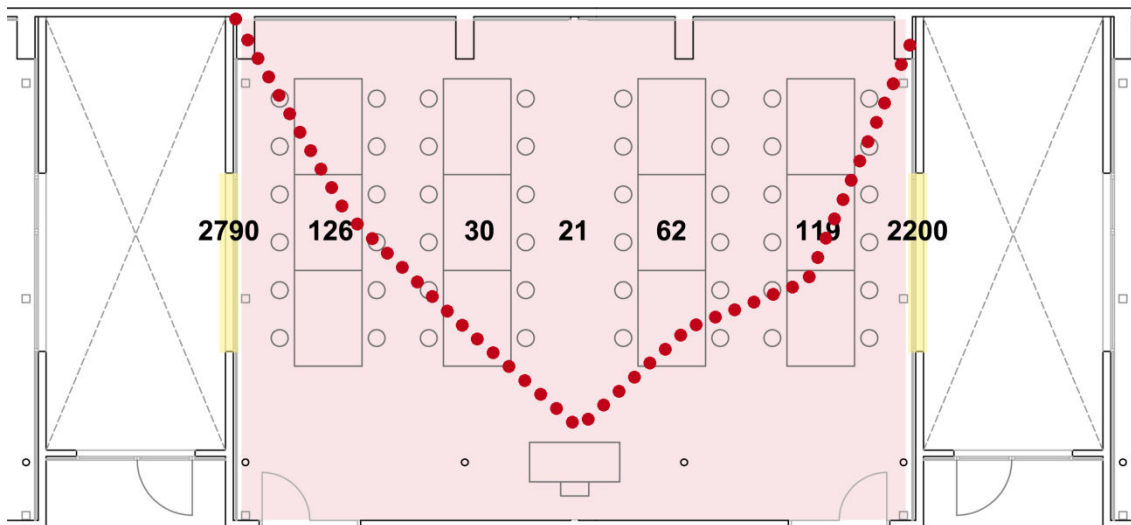
Se apuntaron a la vez los cuatro valores (en negrita), de los cuales se puede notar cómo decrece en manera exponencial el nivel de iluminación, obteniendo la siguiente gráfica (línea de puntos rojos):



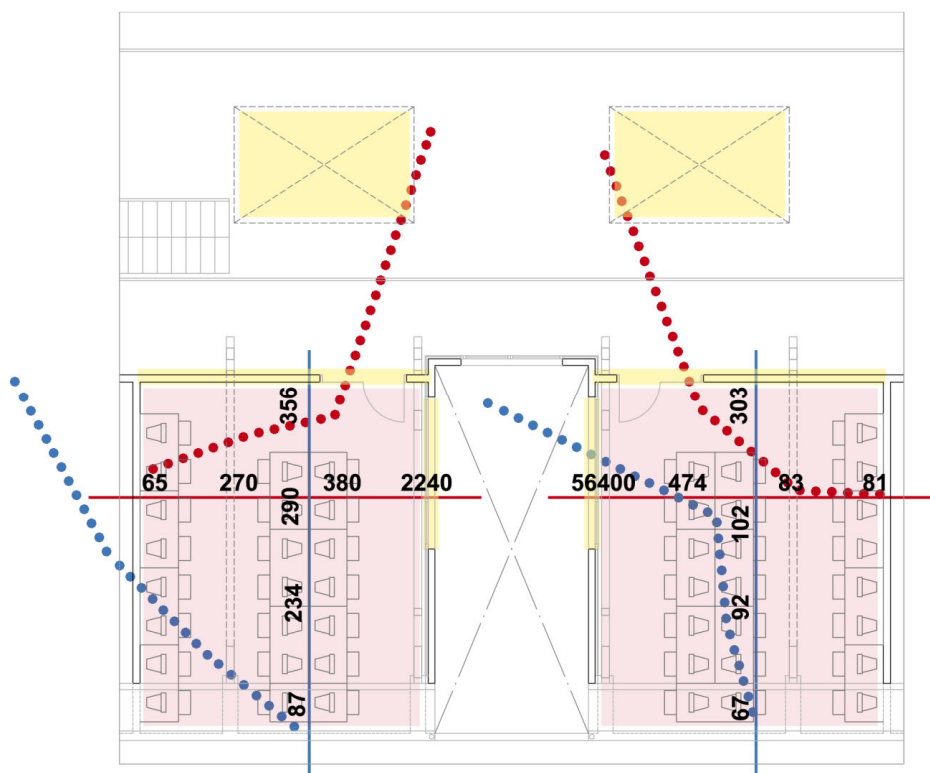
Después del análisis completo de esta sala, se hicieron por curiosidad algunas otras mediciones en aulas con aberturas diferentes, para poder visualizar gráficamente como actúan las ventanas, según sus colocación en el espacio y sus dimensiones, en el confort visual.



Por ejemplo, se utilizó el mismo método en una sala de doble dimensión situada en planta baja, donde hay dos aberturas siempre de 2,10 m de altura y 3 m de ancho: la curva resultante explica bien la reducción de la iluminancia hacia el espacio central, donde se percibe mucho menos la influencia de las dos aberturas.

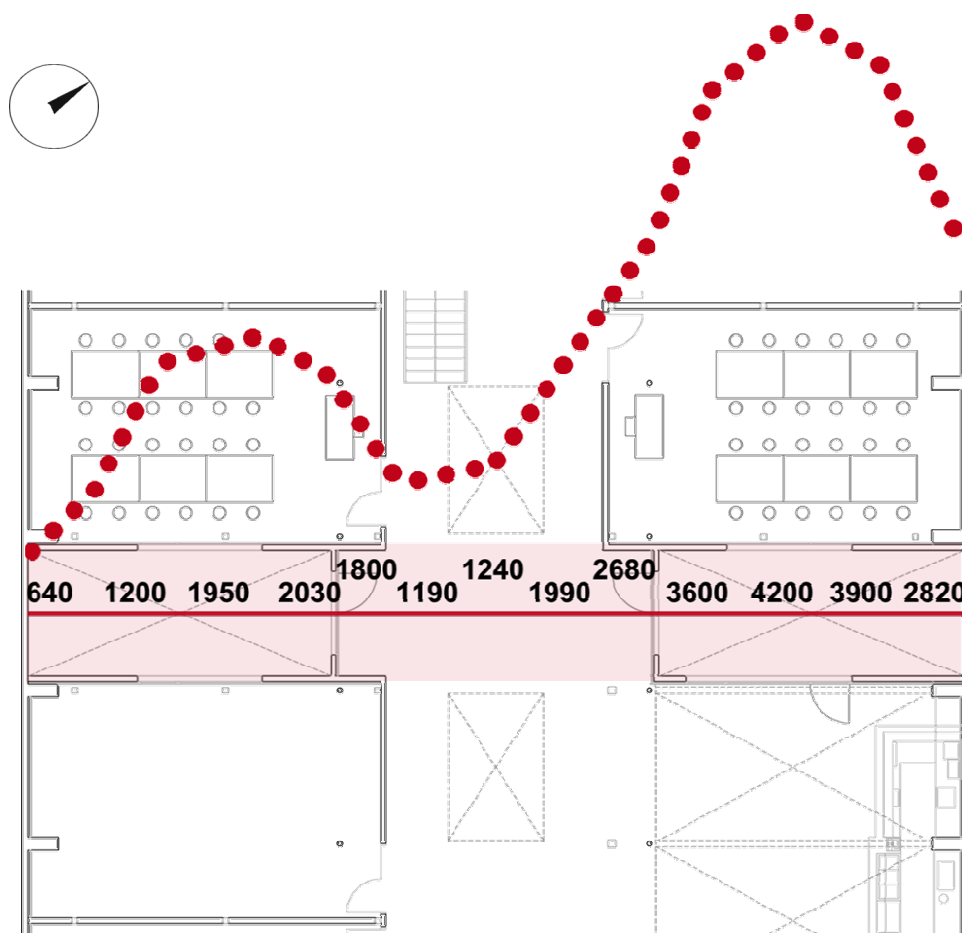


Otra medición de este tipo se hizo también en dos aulas del altillo separadas por un patio. Estas aulas tienen una abertura cada una de 3 metros de ancho y 1 metro de altura, a 1 metro del suelo, y además de estas ventanas hacia el patio, aquí entra en juego también la parte superior transparente del tabique de separación del aula con el espacio intermedio de la escuela, el passillo central iluminado cenitalmente por las claraboyas. Para entender mejor la influencia que tiene esta otra entrada de luz natural, situada en un cerramiento perpendicular a la ventana hacia el patio, se hicieron las mediciones a lo largo de dos líneas imaginarias, perpendiculares a las dos entradas de luz.



La línea roja representa la curva de reducción de iluminancia desde la ventana del patio hacia la pared opuesta, mientras que la línea azul representa la reducción de la abertura alta que da al passillo central hacia la pared opuesta a esta. Se vé cómo la distribución de los niveles de iluminación no siguen ya una distribución exponencial sólo en un sentido, sino que la influencia de las dos entradas de luz afecta la repartición en el espacio.

Se hicieron unas últimas mediciones a largo de una línea que corta dos patios en los dos lados opuestos, pasando por el passillo central. Esta medición se hizo a las h.17:00, con el sol al oeste, con el patio a la izquierda en sombra, y luz directa en lo de la derecha, como se puede notar en el gráfico. El pico del patio derecho se debe también a la presencia a sureste del bar, que teniendo todo el techo acristalado, contribuye mucho a la penetración de los rayos solares. Se puede notar la bajada en el passillo, aunque los valores sigan siendo altos, por la presencia de las claraboyas.



- Límites del método:

Estas mediciones, así como se hicieron en este caso, tienen el inconveniente de dar la información de un sólo momento determinado. De hecho se ha querido expresar los valores expresados en *lux* y no en *factores de iluminación natural (FIN)*, vease capítulo siguiente), para tener una idea de cuáles valores reales se crean en el plano de trabajo de una sala de estudio, y cuál es su disminución con respecto a la distancia de la entrada de luz.

### 5.3 EVALUACIÓN LUMÍNICA DEL EDIFICIO

Una vez entendido el funcionamiento de una singola aula, y después de haber analizado el comportamiento lumínico de varios espacios con características distintas, se ha intentado estudiar el edificio entero, considerandolo cómo un único espacio con distintas entradas de luz y donde se crean distintas situaciones lumínicas, para luego estudiar la cantidad de luz existente en el ambiente interior, así como su distribución.

Para este segundo análisis se ha descartado el cálculo a mano, porque, dada la complejidad del espacio, se obtendrían resultados demasiado aproximados.

Por el contrario, asumen mucha importancia las mediciones *en situ*, porque permiten tener datos reales sobre los cuales poder traer conclusiones, aunque la limitación que tienen es que se hicieron en el mes de Julio, con cielo despejado, así que las conclusiones se referirán al funcionamiento del edificio en las condiciones consideradas.

En primer lugar se quiso hacer una simulación con el programa *Dialux*, creando un modelo que pudiera representar el conjunto de la escuela.

#### 5.3.1 “Factores de Iluminación Natural” (FIN) o “Daylighting Factors” (DL):

Para poder comparar los resultados de la simulación y de las mediciones, ellos se presentarán en porcentajes, llamados “Factores de Iluminación Natural” (FIN) o “Daylighting Factors” (DL), una medida de la iluminancia de luz natural interior en una posición dada, expresada como porcentaje de la iluminancia exterior (en un plano horizontal sin obstrucciones).

El factor de luz natural o de luz día (D) se define cómo la relación, en un punto de un plano dado, debida a la luz recibida directa o indirectamente desde un cielo cuya distribución de luminancia se supone o se conoce, y la iluminancia sobre un plano horizontal procedente de un hemisferio de este cielo sin obstáculos. De ambas luminancias se excluye la contribución de la luz solar directa.

$$FIN = DL = 100 \times E_i / E_e$$

$E_e \rightarrow$  iluminancia interior media entrada

$E_i \rightarrow$  iluminancia exterior horizontal sin obstáculos.

El uso de estos factores es útil porque, mientras que los valores absolutos en *lux* nos dan la información del momento en que se calcula o se mide, gracias al uso del *factor de luz diurna* se obtienen valores relativos a las condiciones exteriores, que cambian continuamente con el paso del tiempo, es decir, la cantidad de luz natural exterior que entra en el espacio interior considerado. De esta manera los valores calculados o medidos en un determinado momento, a una cierta hora de un tal día, y con ciertas condiciones de cielo exterior, pueden ser generalizadas.

De hecho el factor de luz natural sólo es valido para cielos cubiertos, cuando realmente es independiente de los efectos de la orientación y de la posición del sol respecto al espacio analizado.

### 5.3.2 Simulación con Dialux: distribución de iluminancias en el edificio

- Objetivo:

El programa *Dialux* permite calcular la influencia de la luz diurna en las escenas interiores que se crean. Se quieren obtener los resultados gráficamente a través de las líneas *isolux*, en valores absolutos de *lux*, y también de líneas *isofin*, en valores relativos, los *DayLighting Factors*. Estas curvas, que dan una representación gráfica parecida a las de un plano topográfico, permiten visualizar bien el reparto de luz en el espacio, individuando las zonas más oscuras, las que resultan más iluminadas, y las diferencias entre estas.

- Metodología:

Se construye el modelo 3d teniendo en cuenta sus dimensiones y sobretodo todas las aberturas, cenitales o laterales, que el envoltiente presenta. Por supuesto, para el cálculo, el programa toma en consideración la ubicación, la orientación, las obstrucciones de luz diurna (creadas en la escena exterior), el tiempo, el tipo de cielo, etc.



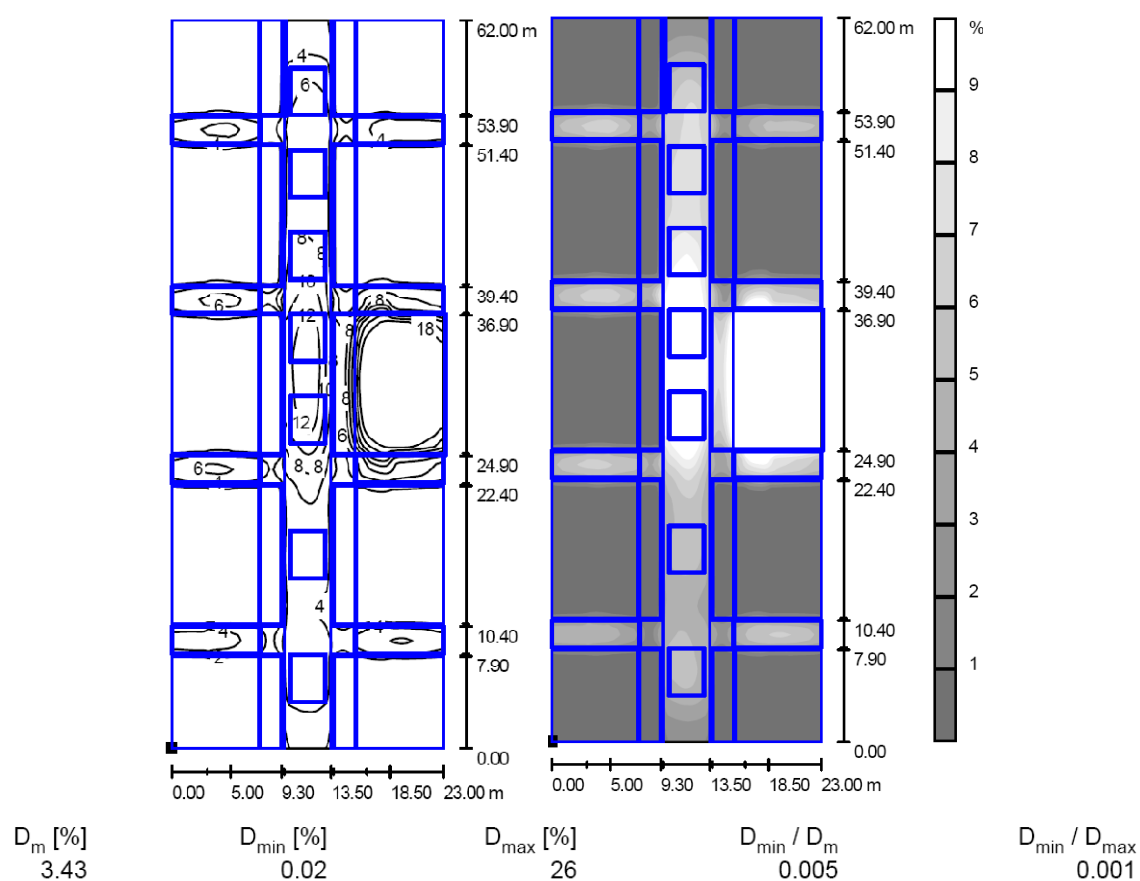
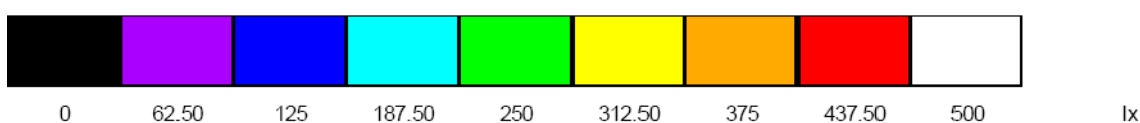
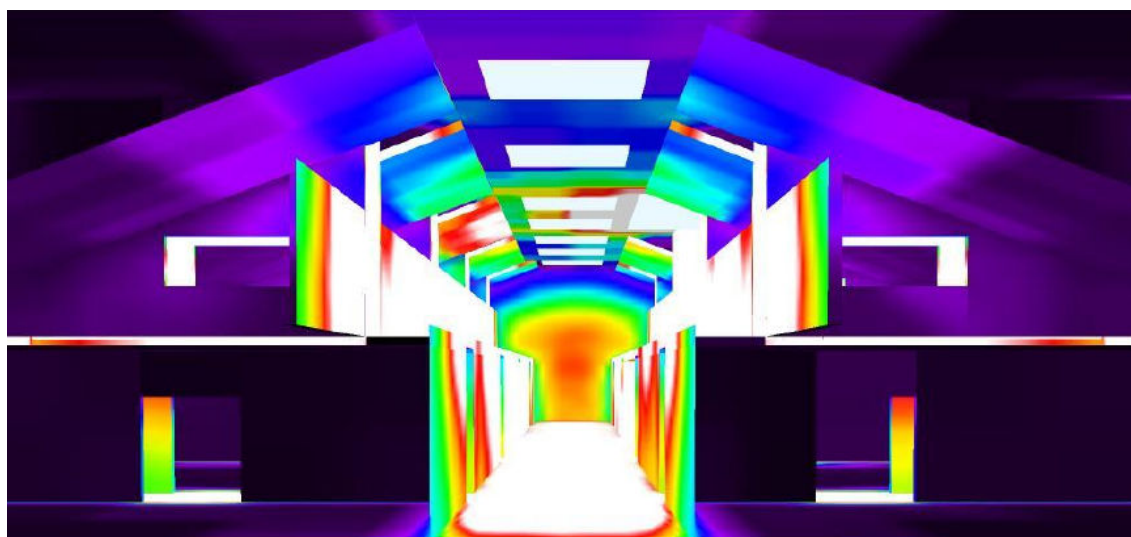
Para obtener resultados en porcentajes, el *DayLight Factor*, se pide al programa de calcular el *cociente de luz diurna*, para el cual se adoptan las configuraciones siguientes; modelo de cielo cubierto, con distribución de luminancia simétrica en rotación, sin sol directo.

Como condición de cálculo, se ha elegido el 15 de Julio, a las h.18:00 (día de las mediciones), en condiciones de cielo cubierto para el cálculo de los factores de luz diurna.

- Resultados:

Los resultados evidencian cómo la parte central del pasillo resulta ser la más iluminada, por la presencia de las claraboyas en el techo. Los patios también presentan valores altos, así como el bar que tiene el techo de crystal. En las aulas de estudio bajan mucho los porcentajes,





Iluminamento orizzontale all'aperto  $E_g$ : 13449 lx

- Límites del método:

En esta simulación se han encontrado problemas a la hora de construir el modelo 3d: siendo la geometría de este edificio bastante complicada, el modelo ha sido construido "por planos", es decir, después de haber creado la base, se han ido tapando las partes

opacas con simples planos, dejando vacías las superficies por donde entra la luz diurna.

El otro problema ha sido elegir en que día del año efectuar el cálculo, para que pudiera ser lo más parecido posible al día de las mediciones, pero estas últimas se han podido tomar un día de Julio con cielo despejado, mientras que el programa, para poder calcular los factores de iluminación natural, considera la condición de cielo cubierto, así que resulta difícil la comparación de los resultados de los dos métodos, aunque cadauno permíta sacar distintas conclusiones.

### 5.3.3 Mediciones *en situ*: distribución de iluminancias en el edificio

- Objetivo:

La toma de datos directos permite efectuar una evaluación real de la repartición de la luz natural en el espacio, descubrir efectos y poderlos averiguar con otras mediciones.

Las mediciones han resultado ser lo más interesante desde el punto de vista de los resultados obtenidos, de la interpretación que se ha podido hacer de ellas y sobretodo del intento en poderlas representar gráficamente, coomo se podrá ver más adelante.

- Metodología:

Durante el mes de Julio se han tomado las varias mediciones que vendrán aquí presentadas.

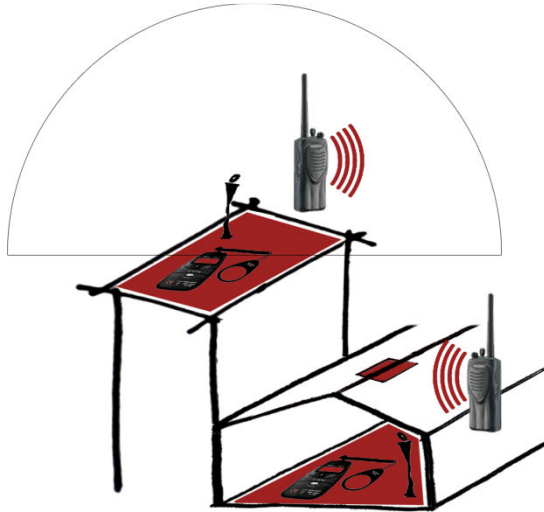
Como ya se ha explicado, para obtener los valores de *FIN* (*Factores de Iluminación Natural*) hay que tomar los dos datos (iluminancia exterior e interior) a la vez, en el mismo instante, para que cada numero se pueda relacionar con su crrespondiente y que de esta manera los porcentajes sean fiables.

Una persona se ocupaba de medir con un luxómetro los valores de iluminancia exteriores en el lugar de referencia: la terraza del edificio de la UPC, edificio contiguo al este de la Escola BAU. Otra persona se ocupaba de medir con otro luxómetro los valores interiores en los puntos más interesantes del edificio analizado. Para apuntar a la vez los dos datos, se utilizaron dos *walky talky*.

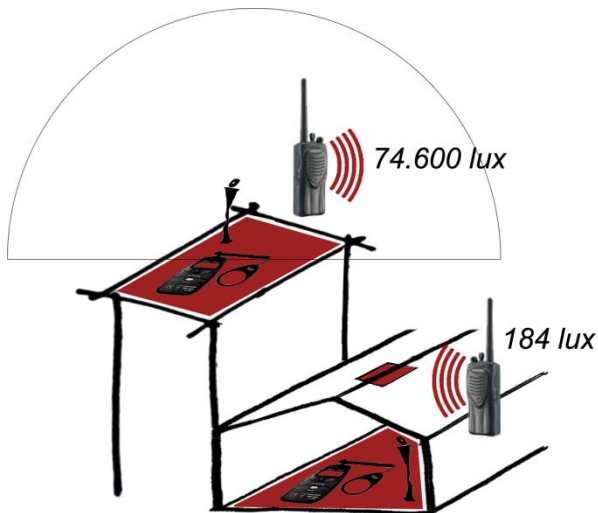
Una vez apuntados todos los dobles valores, se han relacionado entre ellos según la relación:  $FIN = DL = 100 \times E_i / E_e$  sacando así los *Factores de Iluminación Natural* en los distintos puntos medidos.

De esta manera, el 15 de Julio sobre las h.18:00 se hicieron mediciones en todo el edificio, en distintos puntos: a lo largo del passillo, debajo de las claraboyas y entre ellas, en todas las aulas de estudio, en las de planta baja y en las del altillo, en los patios, en el bar.

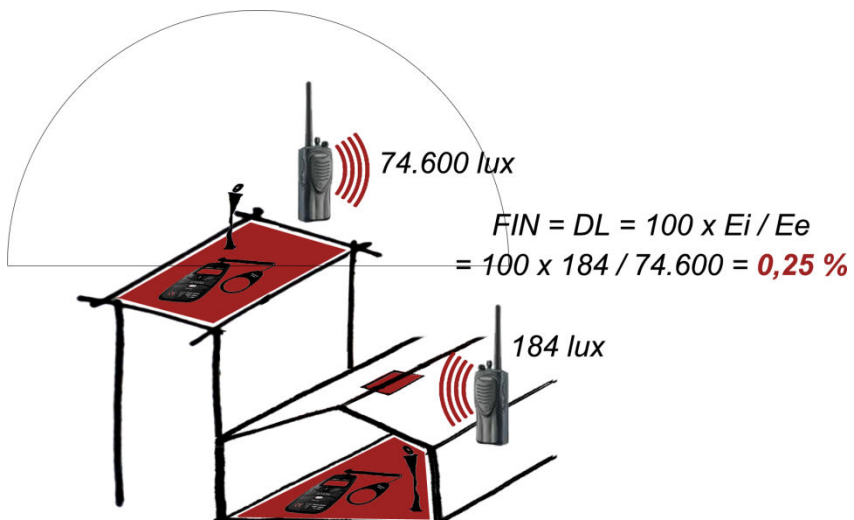
Metodología de medición de los FIN (Factores de Iluminación Natural) o DL (Daylighting Factors):



- 1) Posicionamiento de dos luxómetros en el punto de referencia exterior y en el punto interior.



- 2) Comunicación con el walky talky para la anotación contemporánea de los dos valores.



- 3) Relación entre los dos valores para sacar los valores en FIN o DL.

- Resultados:



Valores de las mediciones en FIN (o DL) de planta baja y altillo.





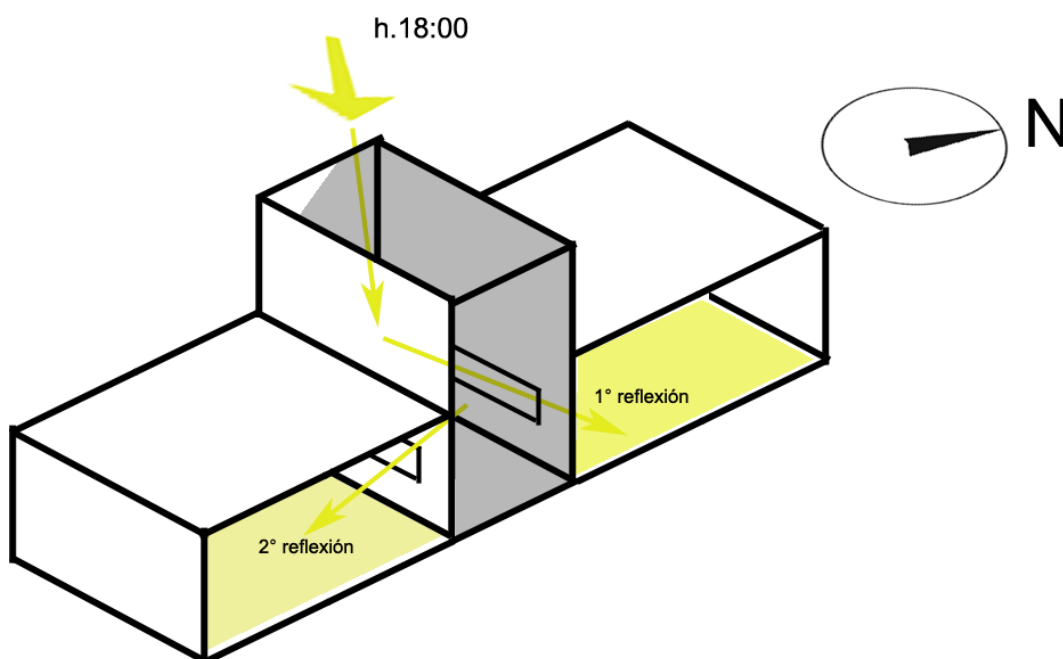
Escala de amarillos según los valores de las mediciones en FIN (o DL) de planta baja y altillo.

Con los valores mínimos y máximos de las mediciones se pueden definir unos rangos numéricos en valores de iluminancia (*lux*), y en *factores de iluminación natural (FIN)*, según el tipo de espacio:

	Rango en iluminancias ( <i>lux</i> )	Rango en <i>FIN</i> (%)
<b>Referencia exterior</b>	50.000 – 77.500	–
<b>Passillo central</b>	360 – 870	0,70 – 1,48
<b>Bar</b>	1.900 – 2.300	2,90 – 3,50
<b>Patios</b>	2.100 – 4.100	2,22 – 5,70
<b>Aulas planta baja</b>	10 – 350	0,01 – 0,54
<b>Aulas planta altillo</b>	110 – 510	0,19 – 0,63

A través de esta tabla se empieza a entender la presencia de espacios muy distintos entre ellos, con diferencias sobretodo de *FIN* muy evidentes, que van de los más altos en los patios, al bar, al passillo central que presenta valores intermedios para finalmente llegar a las aulas que tienen los porcentajes más bajos, con una diferencia aunque mínima entre las de planta baja, más oscuras, y las del altillo, un poco más iluminadas.

Sobre las aulas, se puede hacer otra observación mirando la planta de arriba donde se han evidenciado todos los factores de iluminación natural en cada punto medido: en planta baja, las aulas que se encuentran por debajo (respecto al norte) de los patios, presentan valores de *FIN* menores respecto a las que se encuentran más a norte. Recordando que las mediciones se hicieron sobre las h.18:00 de la tarde, el sol se encontraba ya al oeste, y los rayos bajos dejaban los patios a la sombra, entonces puede que a las aulas más a norte la luz llegara de primera reflexión por las paredes del patio, mientras que en las de abajo con una segunda reflexión.



- Límites del método:

Los días durante los cuales han sido efectuadas las mediciones, el cielo se presentaba despejado, así que resulta difícil y poco útil una comparación en paralelo con la simulación hecha con el programa *Dialux*. La condición de cielo despejado además complica la toma directa de datos, porque los valores de referencia exteriores cambian muy rápidamente, así que resulta fundamental apuntar los dos valores (exterior e interior) al mismo instante, para que los porcentajes resulten correctos.

Otro problema fue poder acceder al punto más alto de la manzana, que no tuviera obstrucciones y que pudiera ser considerado el punto de toma de las mediciones de exteriores de referencia en plano horizontal, con los cuales comparar las iluminancias del espacio interior.

A parte de problemas prácticos, estas mediciones han servido para tener una idea clara de la cantidad de luz natural que penetra en los distintos espacios de la escuela, pero una limitación que se detectó fue la poca eficacia de este tipo de explicación de datos, es decir, una inmensa cantidad de porcentajes que sí dan una información precisa sobre cada punto, pero no ayudan a entender a fondo el funcionamiento lumínico del edificio entendido como conjunto. Así que se apostó para hacer nuevas mediciones según nuevos conceptos: la percepción según el tiempo y el espacio.

## 5.4 EVALUACIÓN LUMÍNICA DEL EDIFICIO – ESPACIO Y TIEMPO

### 5.4.1 El proceso perceptivo: la variabilidad espacial y temporal

El siguiente análisis que se presenta, asume que *la percepción no consiste en la simple adición de sensaciones, sino en una calidad que resulta de interacciones dinámicas*. Según este principio, *el valor perceptivo de un elemento simple depende del valor perceptivo de los elementos que lo rodean y un elemento toma su significado de acuerdo con el fondo en que se encuentra* [20].

De aquí deriva el concepto de “*gestalt*” (estructura), que apoya la idea según la cual *todas las partes que forman un “todo” tienen su valor específico sólo en su configuración concreta*, y que dividiéndola perdería su significado como totalidad y cambiaría el valor de cada una de sus partes.

Estos principios bien se adaptan al funcionamiento lumínico de este caso estudio, donde los niveles de iluminancia de cada punto medido, pueden engañar la interpretación de cada espacio, si éste se considera cómo un elemento simple e independiente de todo lo que lo rodea.

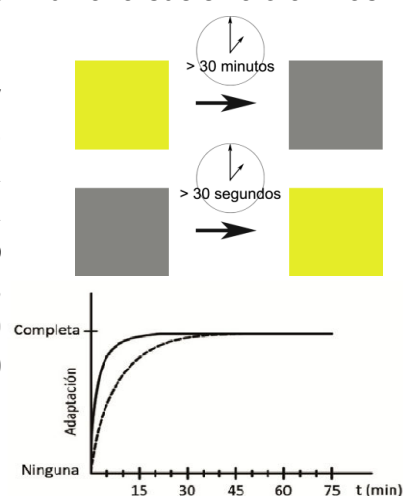
Por eso se decidió hacer mediciones diferentes, para intentar demostrar que el movimiento espacial y el paso temporal influyen mucho en la percepción del edificio, considerado ahora como totalidad.

### 5.4.2 Sensibilidad a la variación de la luz en relación al tiempo

Cuando nos encontramos en presencia de sensaciones persistentes o repetidas, la respuesta temporal de los sentidos tiene una gran importancia. De hecho la sensibilidad de los sentidos del ser humano se caracteriza por una cierta adaptación en los estímulos constantes, es decir, una pérdida de sensibilidad que se produce tanto a nivel del órgano sensible (en este caso el ojo), como a nivel del cerebro, y también suele pasar que la sensación persiste aunque desaparezca el estímulo, y esta persistencia es del orden de 1/10 hasta 1/20 de segundo, según la intensidad del estímulo y de la acomodación previa del sentido.

La adaptación, la persistencia y sobretodo sus relaciones con el paso del tiempo, son entonces factores muy importantes por la influencia que tienen en la adaptación a cambios de las condiciones que nos rodean, y la sensación humana suele valorar más la novedad que la situación estable y fija en el tiempo.

Los ojos son capaces de adaptarse a niveles altos y bajos de intensidad luminosa: los conos y los bastoncillos, órganos sensibles de la vista, tienen una actividad constante de sensibilización a la luminancia media del campo visual, pero igual necesitan un cierto tiempo para poderse adaptar eficazmente a las nuevas condiciones. Suele considerarse un tiempo superior a 30 minutos para pasar de la luz a la oscuridad, y más de 30 segundos al revés, según una curva de adaptación logarítmica.



### 5.4.3 Mediciones *en situ*: iluminancias según el desplazamiento

- Objetivo:

Para poder evaluar cómo afecta el cambio espacial y temporal en la percepción, se ha decidido considerar el recorrido “tipo” de un estudiante de la Escola Bau, y ver por cuáles condiciones lumínicas pasa, por cuánto tiempo se queda en cadauna, y a cuáles cambios de percepción está sometido.

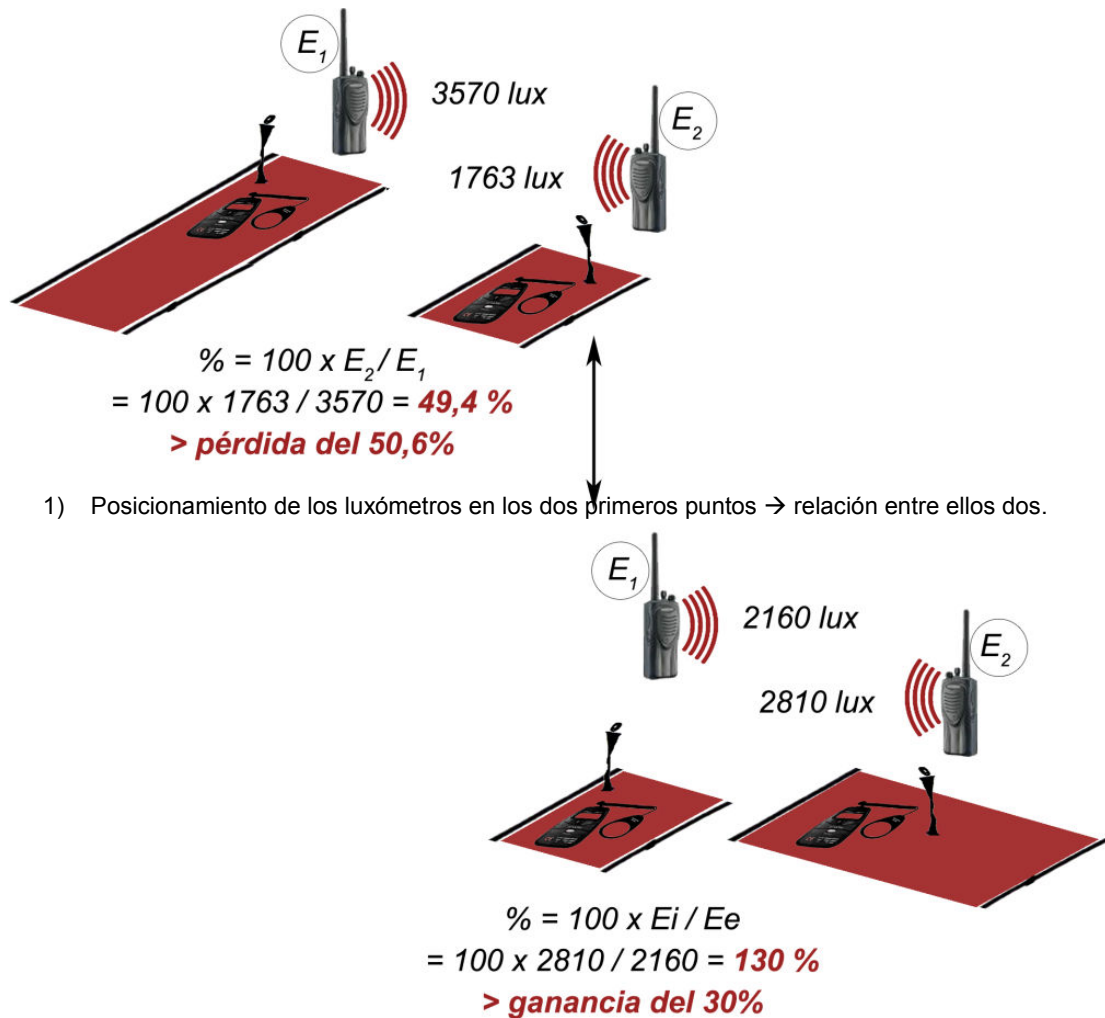
- Metodología:

Al principio se ha centrado la atención en el desplazamiento, y se ha planificado el recorrido “tipo” a analizar: se ha considerado como inicio del recorrido habitual de un estudiante la parada del metro Llacuna. Una vez al aire libre, el estudiante recorre la calle Pujades, llega al número 118 y pasa por debajo del edificio residencial para acceder al interior de manzana abierto; entra por la puerta principal de la escuela, deja la bici en el primer patio a la derecha, vuelve al passillo central, se toma un café en el bar y vuelve a pasar por el passillo central, para esta vez dirigirse a una sala del attillo, subiendo por las escaleras al fondo.

Para hacer una evaluación concreta y fiable a través de mediciones *en situ*, el punto más importante es la posibilidad de comparación de los valores durante los varios desplazamientos. Para hacer esto, se utilizaron dos luxómetros, y se iban midiendo



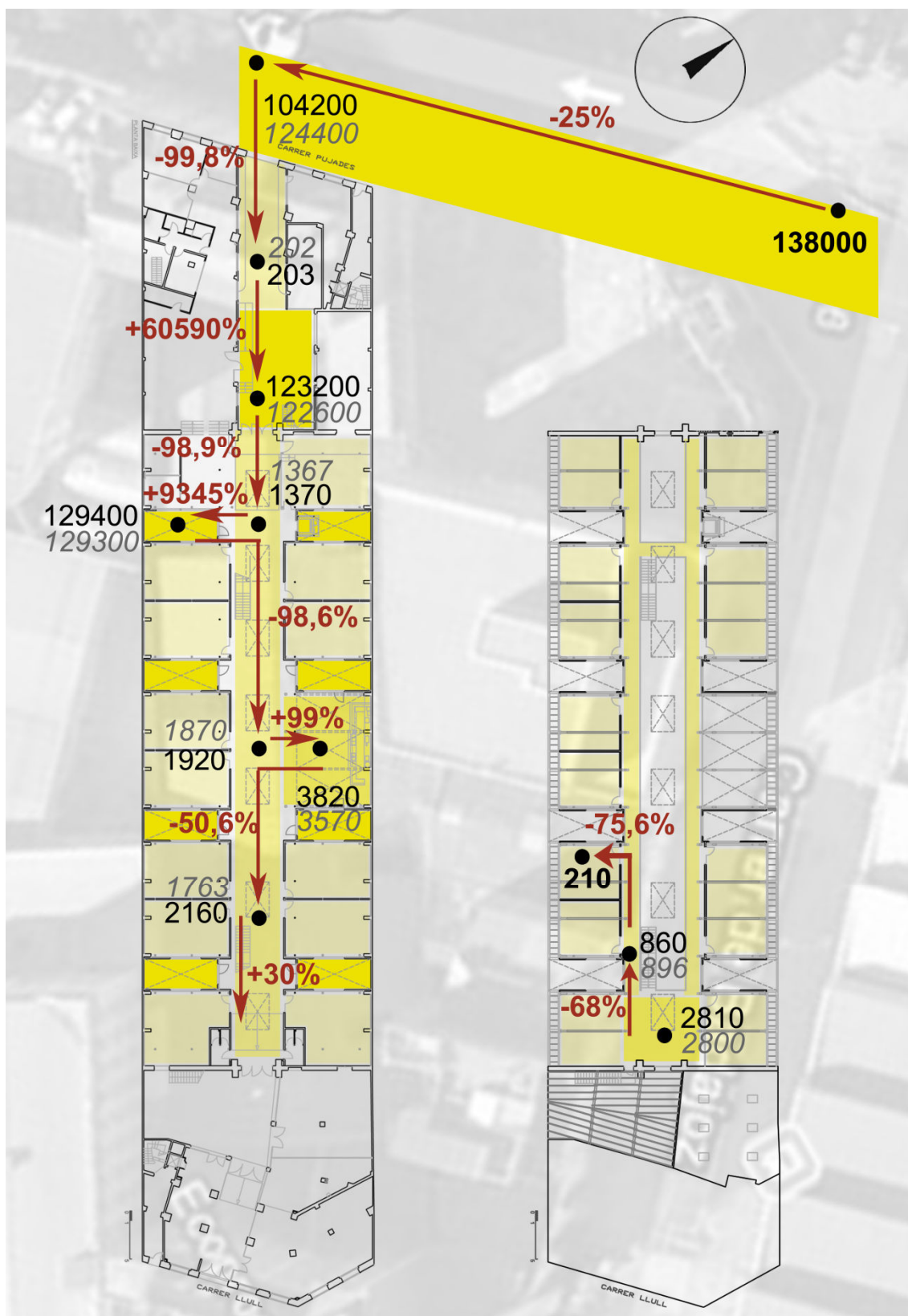
dos puntos a la vez, para poder sacar la relación entre ellos. Para añadir el siguiente punto, se medía a la vez este nuevo punto junto con el anterior, aunque ya tenía un valor apuntado. Ésto porque de esta manera, de cada medición de dos puntos se puede sacar la relación entre ellos.



- 2) Posicionamiento de un luxómetro en el último punto medido, y otro en un tercer nuevo punto → relación entre ellos.

- Resultados:

En la siguiente planta, se enseñan todas las distintas mediciones en lux, con colores combinados según la correspondencia con la medición delantera o trasera, y además se han apuntado las relaciones entre ellos, expresadas en porcentajes de aumentos o reducciones, según si la iluminancia del segundo punto es mayor e menor de la anterior.



Resumen de las mediciones:

Situación 1 → chaflán carrer de Pujades → **138.000 lux**

Situación 2 → acera con arboles, carrer de Pujades, 118 → 104.200 / 124.400 lux

Situación 3 → porche de entrada bajo edificio residencial → 202 / 203 lux

Situación 4 → patio de entrada → 123.200 / 122.600 lux

Situación 5 → passillo de entrada → 1.367 / 1.370 lux

Situación 6 → patio bici → 129.400 / 129.300 lux

Situación 7 → passillo intermedio → 1.870 / 1.920 lux

Situación 8 → bar → 3.820 / 3.570 lux

Situación 9 → passillo fondo → 1.763 / 2.160 lux

Situación 10 → escalera arriba → 2.810 / 2.800 lux

Situación 11 → passillo arriba → 860 / 896 lux

Situación 12 → aula de estudio → **210 lux**

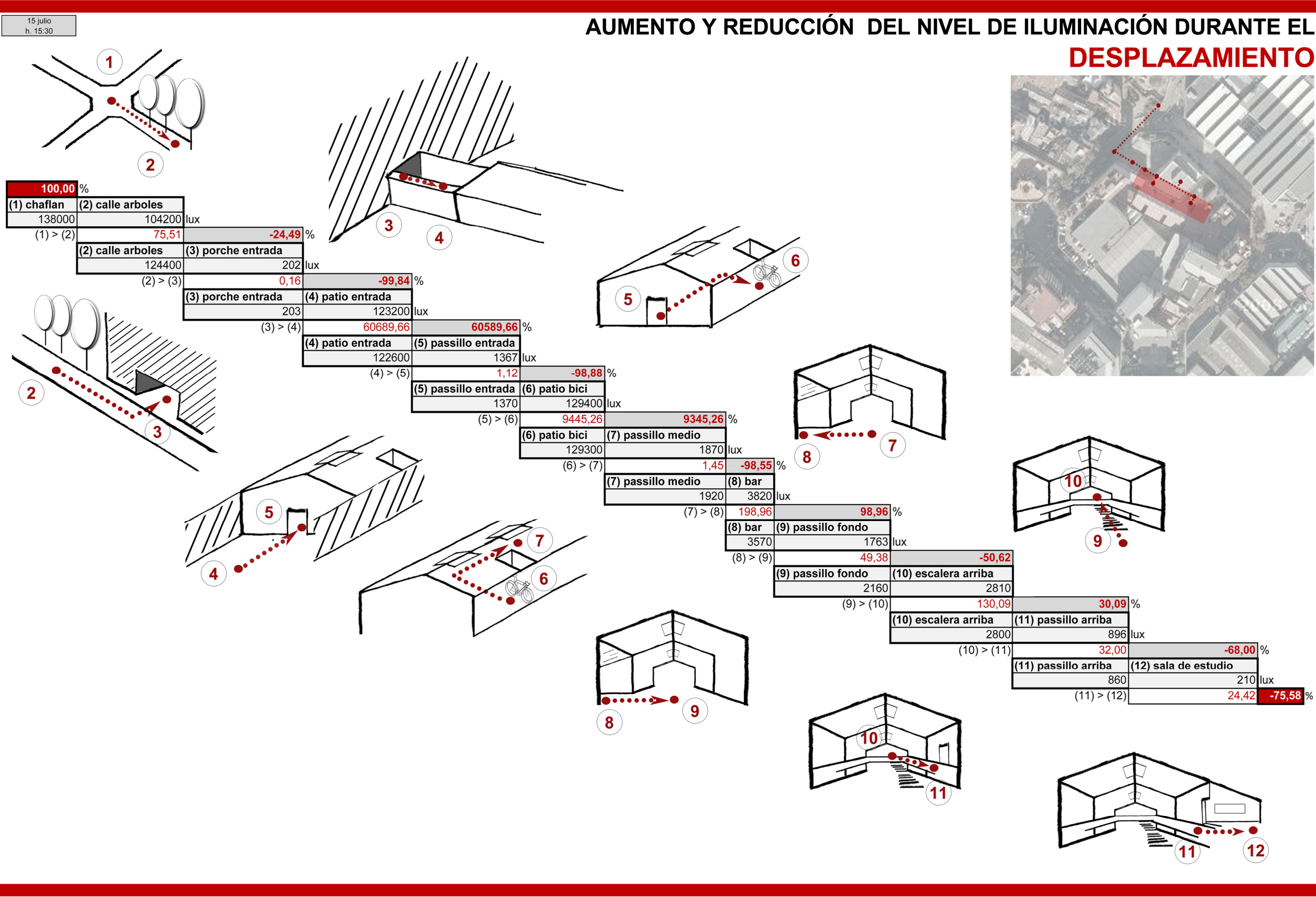
El aspecto interesante de este estudio, es que resulta evidente que pasar bruscamente de un valor tan alto como el exterior de partida (138.000 lux en el chaflán de carrer de Pujades) a un valor tan “bajo” como lo de la sala de estudio (210 lux), es muy diferente que si hay varios pasos intermedios, cadauno con condiciones lumínicas distintas, que a parte de crear un ambiente activo y vivo, permiten al usuario de ser acompañado hacia la nueva condición donde tendrá que quedarse más tiempo.

Otra observación muy interesante siempre relacionada con este discurso, es que el nivel de iluminación justo anterior a lo de la sala, es de 860-896 lux, es decir, entrando en la sala el usuario tendrá que sufrir sólo una pérdida del 75% del nivel de iluminación, mientras que si el acceso fuera directamente del exterior, se podría llegar a una reducción hasta del 99,85% ( $100 \times 210 / 138.000 = 0,15\%$ ,  $100\% - 0,15\% = 99,85\%$ ).

Considerando que, como se ha explicado anteriormente en el párrafo *Sensibilidad a la variación de la luz en relación al tiempo*, la adaptación del ojo humano es más lenta en el paso de un nivel más alto a un espacio más oscuro, todo esto ayuda a la adaptación lumínica del usuario.

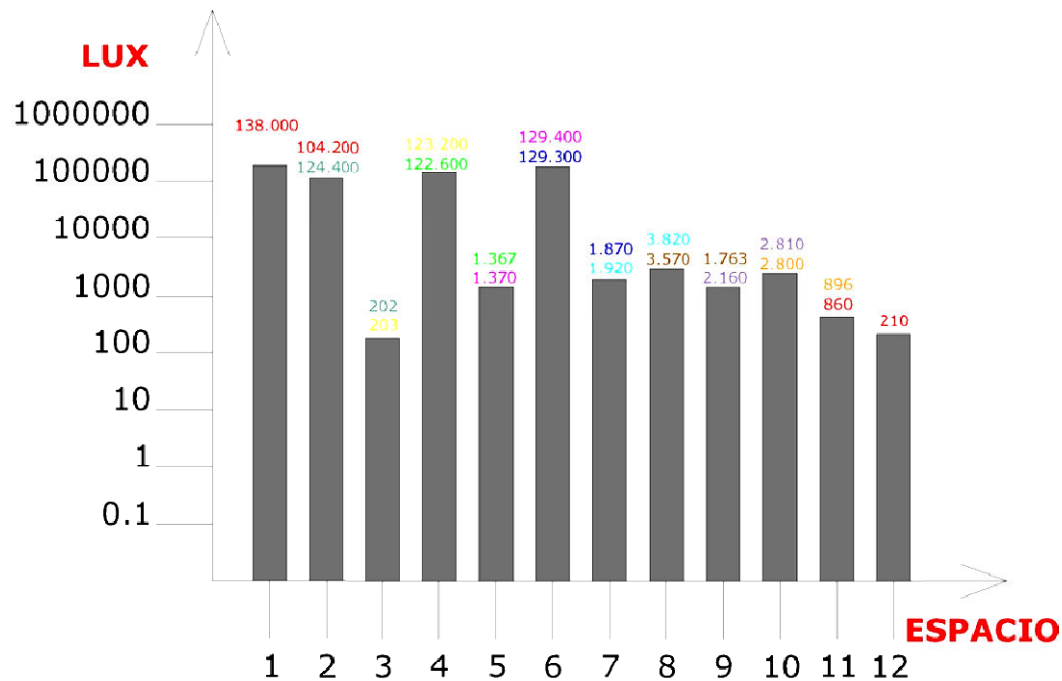
Además, siendo el patio el espacio exterior en contacto con las aulas de estudio, las diferencias de los niveles de iluminación entre interior y exterior, son menores, limitando así el riesgo de deslumbramiento o de excesivo contraste.



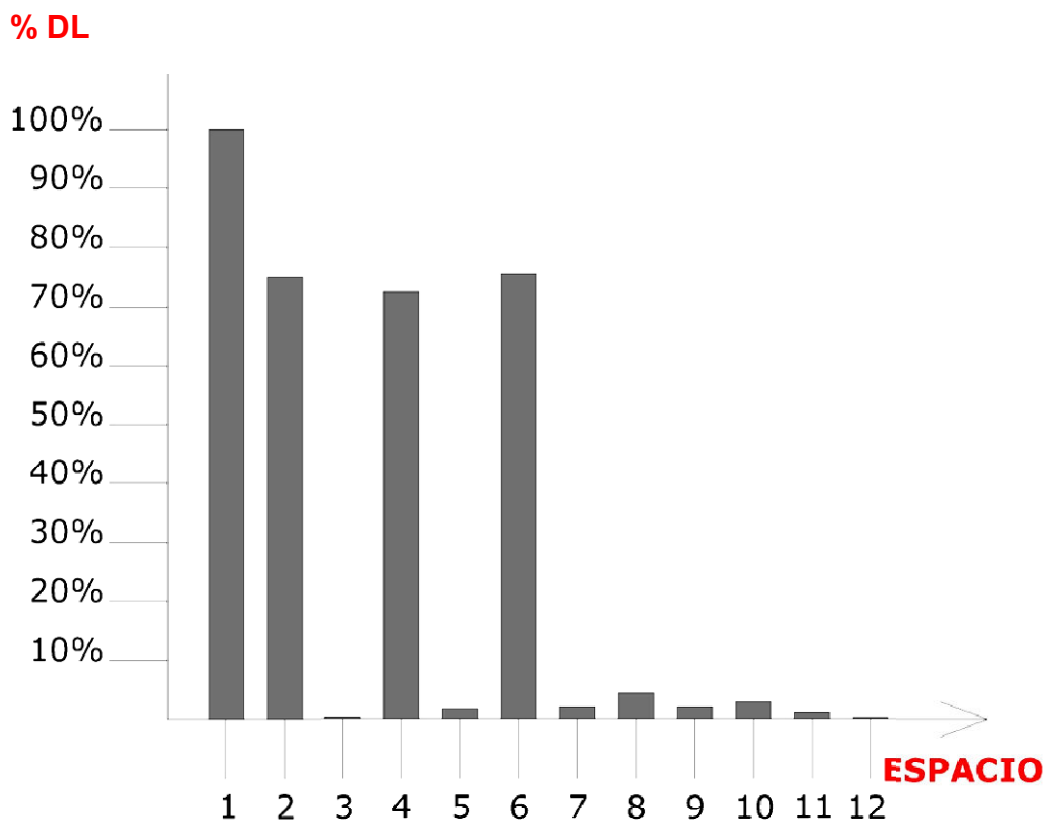




Con los valores obtenidos por las mediciones, se han sacado algunos gráficos para poder interpretar mejor los resultados. En estos dos primeros, aparecen los valores en *lux* de las iluminancias según las mediciones (en el primer gráfico se ha cojido uno de los dos valores para simplificar la representación gráfica, en el segundo aparecen todos los valores con colores combinados según sus correspondencias). El eje de las ordenadas está en escala logarítmica.



En el gráfico aquí debajo se han evidenciado los aumentos y las reducciones de los niveles de iluminación a lo largo del desplazamiento.



#### 5.4.4 Mediciones *en situ*: iluminancias según el tiempo

- Objetivo:

Una vez analizado y entendido el espacio en su totalidad y cómo afecta el desplazamiento espacial a la percepción del usuario, se quiere ahora insertar otra variable fundamental: el tiempo. El paso del tiempo de hecho es otro factor que sí que influye en la percepción, como ya se ha explicado en los dos capítulos anteriores.

Se quiere analizar el tiempo de exposición a las distintas condiciones lumínicas que hemos visto existir en este edificio, para entender si el proyecto de reconversión y la compartimentación y sucesión de espacios creados, ayudan de manera positiva al usuario.

- Metodología:

Para insertar la variable temporal en este análisis, se han supuesto unos intervalos de tiempo durante los cuales el usuario “tipo” suele pararse en cada situación lumínica, evidenciando así cuáles son las condiciones a que queda expuesto durante más tiempo, y cuáles son sólo de paso.

Situación 1 → chaflán carrer de Pujades → 5 minutos

Situación 2 → acera con arboles, carrer de Pujades, 118 → 2 minutos

Situación 3 → porche de entrada bajo edificio residencial → 1 minuto

Situación 4 → patio de entrada → 10 minutos

Situación 5 → passillo de entrada → 1 minuto

Situación 6 → patio bici → 2 minutos

Situación 7 → passillo intermedio → 1 minuto

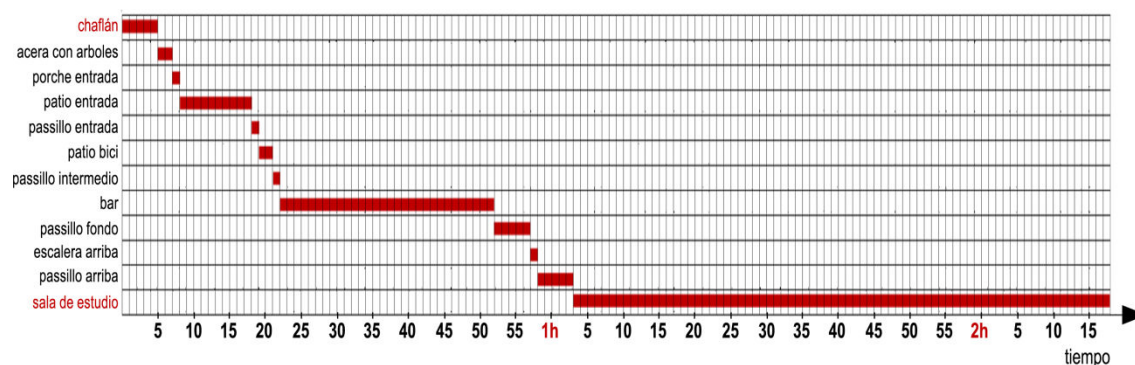
Situación 8 → bar → 30 minutos

Situación 9 → passillo fondo → 5 minutos

Situación 10 → escalera arriba → 1 minuto

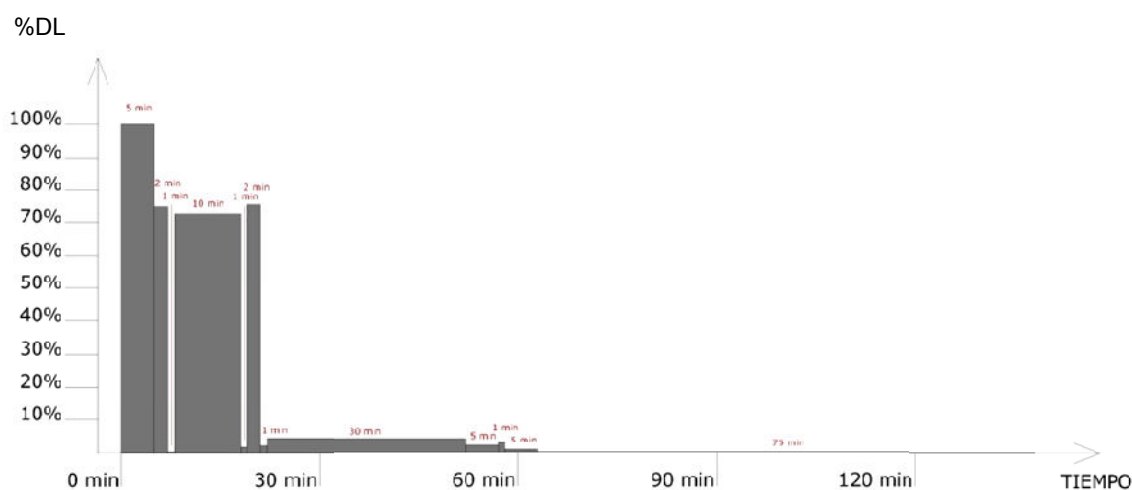
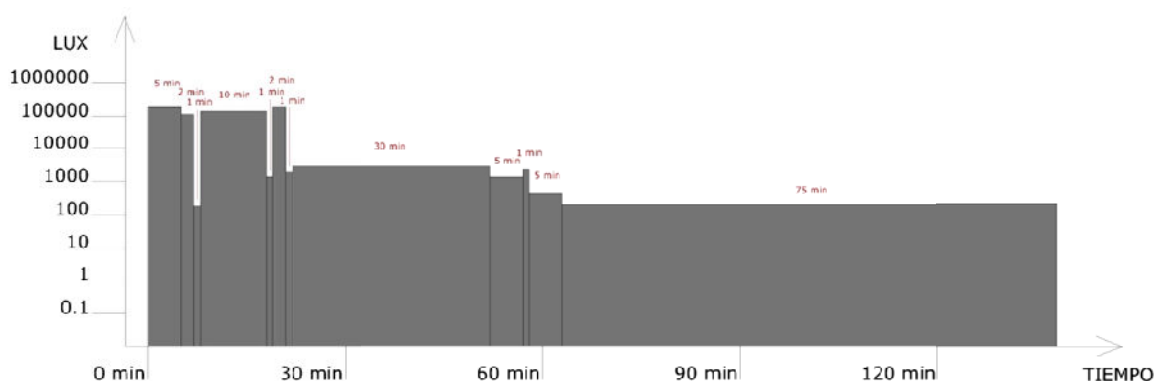
Situación 11 → passillo arriba → 5 minutos

Situación 12 → aula de estudio → **75 minutos**



- Resultados:

En los siguientes gráficos se han dibujado los distintos intervalos de tiempo para cada punto medido. En el primero el eje de las ordenadas es en escala logarítmica para facilitar su lectura. En el segundo gráfico se expresen los mismos intervalos de tiempo pero en valores de porcentajes de aumentos o reducciones del nivel de iluminación de las distintas condiciones lumínicas.



Con éste análisis en función del tiempo, destaca bien cómo el edificio y sus subespacios permiten acercarse de manera gradual desde las condiciones exteriores hacia las condiciones interiores. La última parte, que empieza con el acceso a la escuela, los aumentos y las reducciones de los niveles de iluminación no son bruscos, y también los intervalos de tiempo de estancia en cada situación son bastante largos (passillo central, bar, etc.) así que las características de los distintos espacios del edificio acompañan al usuario hacia la sala donde permanecerá por más tiempo.



#### 5.4.5 Conclusiones de la evaluación lumínica

La evaluación presentada ha permitido entender el funcionamiento del edificio desde el punto de vista lumínico, y cómo ello haya sido afectado por la compartimentación que se ha llevado al cabo con el proyecto de reconversión de la antigua fábrica.

Resumiendo el comportamiento de la escuela, ésta presenta una serie de espacios muy distintos entre ellos, cada uno con una función lumínica bien definida, pero siempre relacionada con las otras que forman el conjunto y que contribuyen a crear un ambiente interior de la escuela muy agradable y sobre todo dinámico. Cómo hemos visto en el análisis espacio-temporal, cada elemento que constituye el edificio tiene su significado gracias a todo lo que lo rodea, es decir, gracias el espacio anterior, de donde venimos, y al espacio siguiente, a donde nos dirigimos.

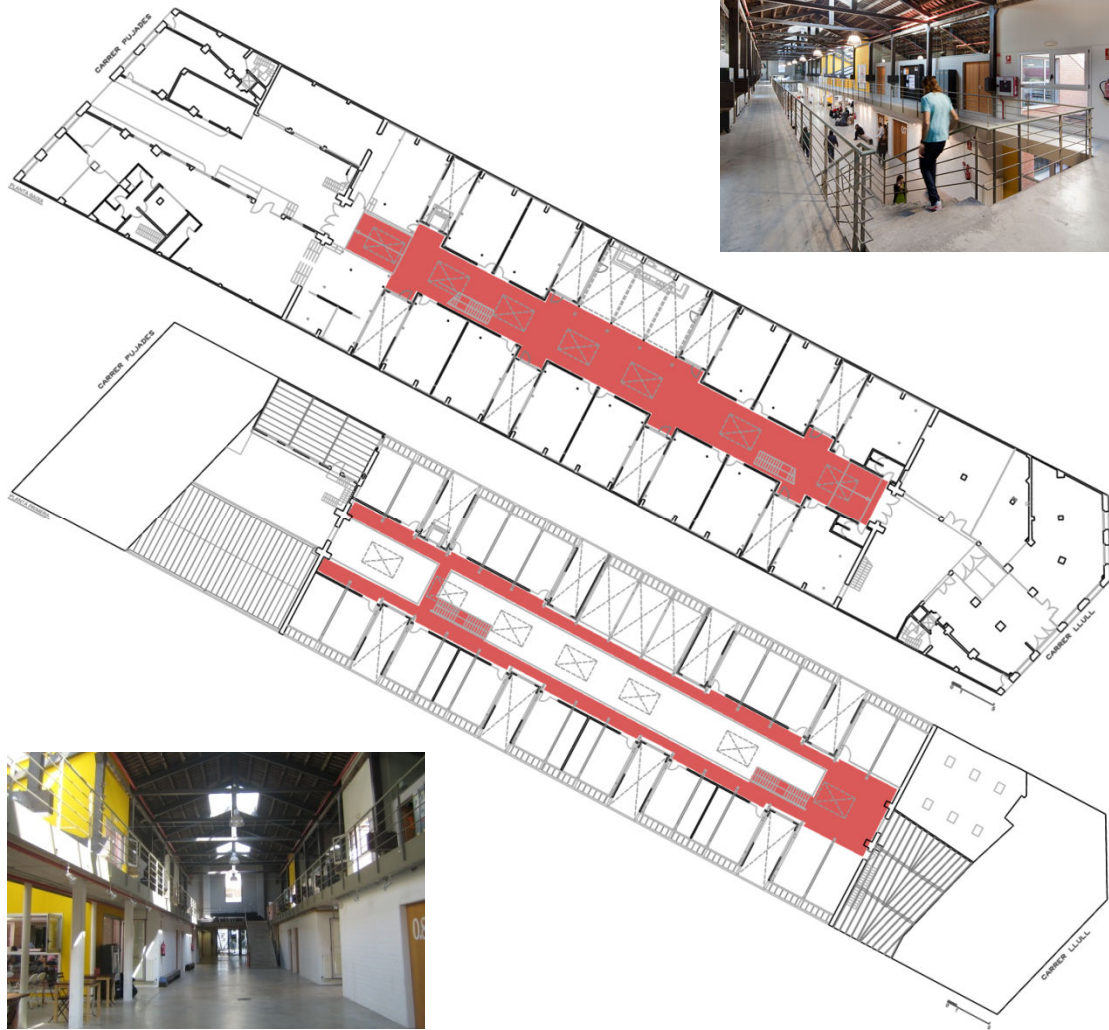
Se pueden clasificar así los distintos espacios según la función lumínica que adoptan, llegando a *interpretar lumínicamente un edificio como una serie de componentes de paso colocados entre componentes de conducción que los conectan*.

##### - Componentes de conducción:

Se clasifican como componentes de conducción de la luz natural los espacios que están pensados para permitir el paso de la luz natural desde el exterior hacia las zonas interiores, así como su distribución.



- Passillo central →



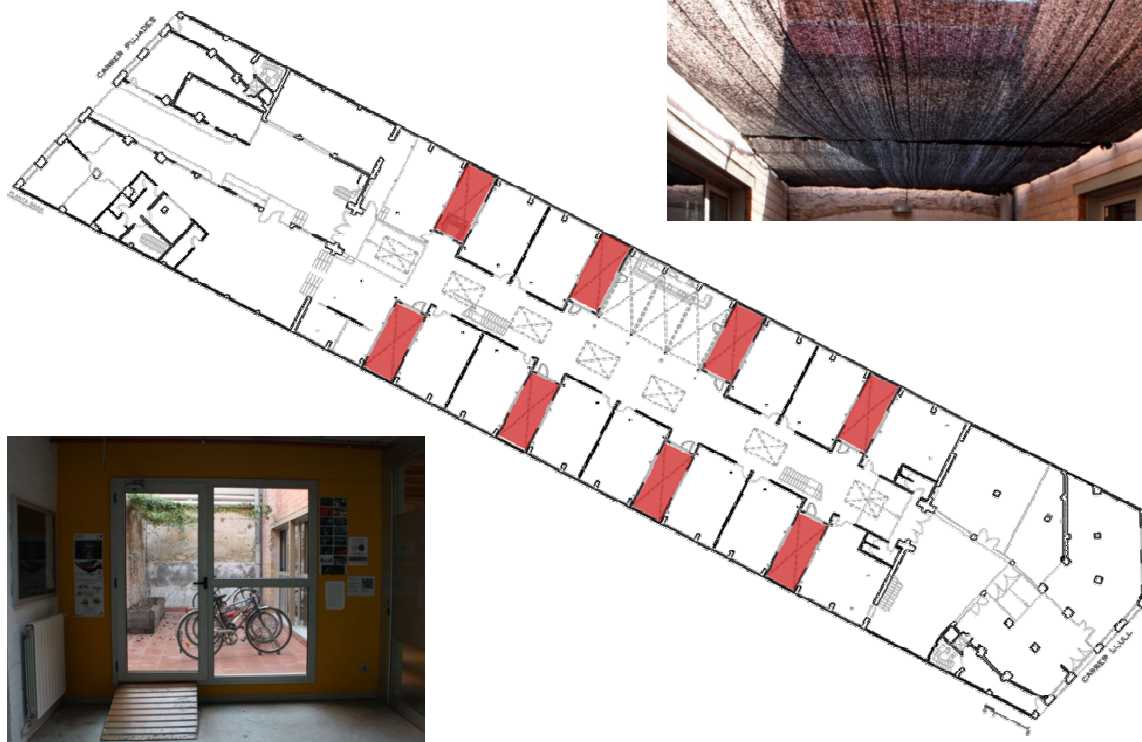
El passillo que recorre longitudinalmente toda la escuela en su espacio central, es un espacio de luz interior, clasificable como atrio. R. Serra Florensa y H. Coch Roura, en el libro *Arquitectura y energía natural* (1991 UPC, capítulo 12.2.1 *Componentes de conducció*), definen los atrios como *espacios de la zona interior del volúmen de un edificio que están en contacto con el ambiente lumínico exterior por alguna de sus superficies envolventes, pero que están separados del mismo por un cerramiento acristalado*.

Suelen tener, como en este caso, funciones bien definidas, albergando las comunicaciones verticales (escaleras para acceder al attillo) y espacios de relación: de hecho el bar presenta una clara continuidad con el passillo).

Sirve para iluminar indirectamente otros espacios contíguos, como por ejemplo las aulas de la planta attillo, donde la división con el passillo está hecha con cerramientos opacos pero con la parte alta transparente (1 metro de altura a 2,50 m del suelo), para poder aprovechar de esta iluminación indirecta desde el espacio central.

Gracias a su acabado superficial de color claro, la distribución de la luz resulta favorecida, aumentando la cantidad de luz que por reflexión llega a los otros espacios.

- Los patios →



Rodeados por las paredes del edificio, son espacios en este caso perimetrales abiertos al exterior por la cara superior. Representan uno de los puntos más destacables del proyecto de reconversión presentado, porque tienen una gran función lumínica.

Los patios en general suelen tener condiciones lumínicas parecidas a las del exterior, sino intermedias entre las interiores y las exteriores, y esto permiten confluir la luz natural hasta los espacios más abajo, como en este caso las aulas de planta baja, a parte de las del altillo.

Además representan el exterior visible desde las salas de estudio, y teniendo valores de iluminancias inferiores respecto al exterior real, crean un contraste menos fuerte con el interior más oscuro.

El acabado superficial, siendo en ladrillo visto, no exagera las reflexiones en sus paredes, reduciendo el riesgo de deslumbramiento.

Algunos de los ocho patios, tienen como elementos protectores unos toldos móviles horizontales de tela agujereada, que deja pasar una cierta cantidad de luz.

A parte de una esta apreciable función lumínica, permiten también la ventilación de las zonas que están conectadas a los patios mediante componentes de paso: así pueden ser aprovechados por el pasillo central y por las aulas, favoreciendo una adecuada ventilación.

Estos dos tipos de elementos de conducción, en este edificio se conectan entre sí, llegando a crear un conjunto muy interesante y apreciable de espacios interiores / exteriores.



- **Componentes de paso:**

Son los dispositivos que se sitúan en los cerramientos y que están diseñados para dejar pasar la luz desde un espacio hacia otro contiguo, sea de exterior a interior o de interior a interior.

Según la dirección de incidencia de la luz en el espacio interior, se pueden distinguir en componentes de paso lateral (la luz penetra por un plano vertical), cenital (la luz llega desde arriba), o global (si no hay una dirección predominante).

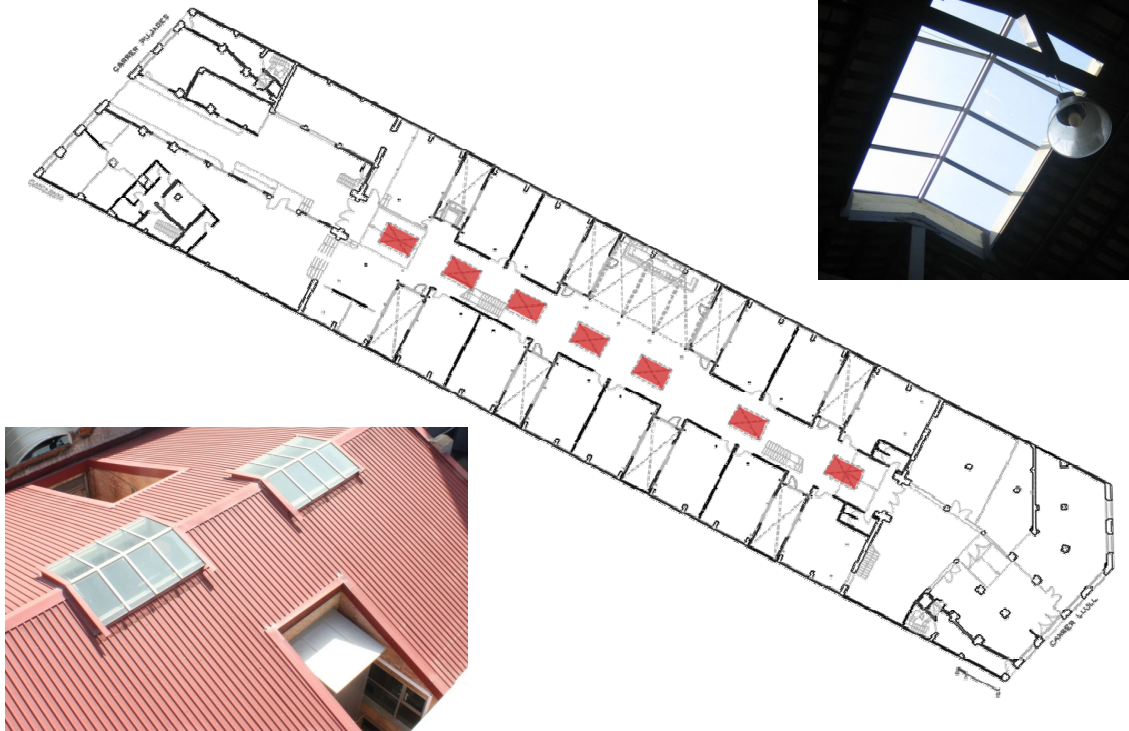
- Componentes de paso laterales →



Ventanas de las aulas hacia el patio y tabiques de las aulas del altillo hacia el passillo central.

En este edificio los componente de paso laterales se reduce a dos elementos: las ventanas de las aulas que dan a los patios, de las cuales ya se ha hablado anteriormente (capítulo 7 parte 3 y capítulo 13 parte 4) y que tienen cortinas en la cara interior como elementos de control de la radiación solar, y los tabiques anteriormente citados, opácos y con la parte de arriba transparente.

- Componentes de paso cenitales →



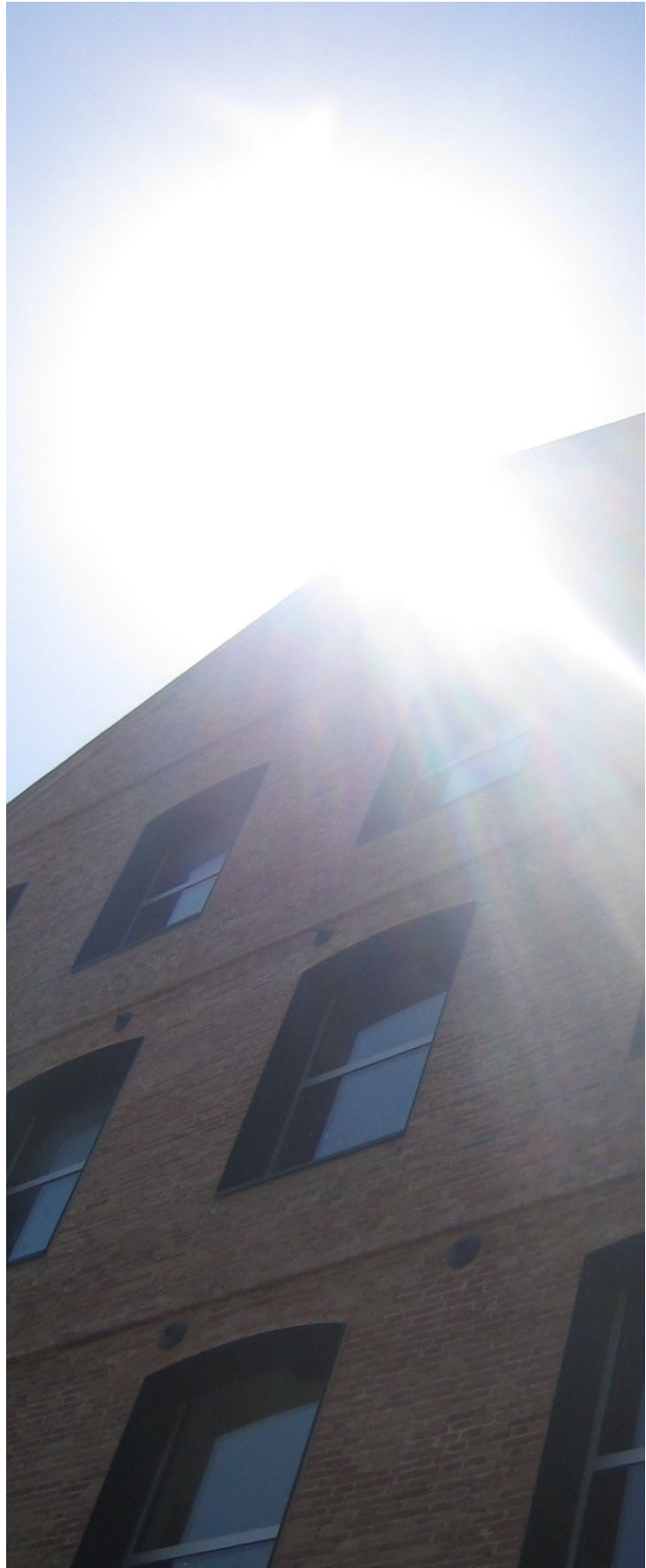
Claraboyas del techo y alternancia entre patios y claraboyas.

Otro elemento muy importante de este edificio son las claraboyas situadas en el techo en el espacio central. En este caso, por la escasez de presupuesto al momento de la construcción, no son practicables, por lo tanto no permiten la ventilación del espacio inferior, que se hace a través de los patios laterales.

Tienen una distribución en el techo bastante uniforme, permitiendo una iluminación constante, y se alternan con los patios, creando un ritmo lumínico muy activo.

Finalmente se puede afirmar que cada parte del edificio participa a la distribución de la iluminación natural en el espacio, considerado como un conjunto de subespacios.

Los distintos elementos que el proyecto de reconversión analizado ha creado, no pueden ser considerados como independientes, porque existe una relación muy cercana entre ellos: cadauno influye directamente en un subespacio, e indirectamente en otros.





Gracias a la investigación que se ha presentado en este trabajo, con el análisis de las antiguas fábricas, el estudio de las nuevas exigencias de la sociedad y de los equipamientos de la nueva era post-industrial, la observación de algunos ejemplos de rehabilitación y reconversión de edificios antiguos, y finalmente la evaluación lumínica de uno de ellos, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Las fábricas antiguas, a parte de ser una tipología de arquitectura muy interesante bajo varios puntos de vista, presentan unas características lumínicas y espaciales muy atractivas.
- En la sociedad actual, los equipamientos deben responder a necesidades muy peculiares y específicas a nivel de organización espacial, exigiendo una compartimentación para la creación de distintos subespacios y una cierta flexibilidad a la vez.
- Una vez tomada conciencia de la necesidad de recuperar construcciones antiguas y considerar el parque existente como una fuente de “recursos” para poder reducir los altos consumos energéticos del sector de la edificación, se entiende como la abundancia de fábricas ahora abandonadas representa una importante ocasión para ir en esa dirección.
- La rehabilitación de una antigua fábrica y su adaptación a nuevo uso representa para los arquitectos una ocasión estimulante y difícil a la vez: difícil porque conlleva trabajar con un espacio interior casi siempre libre y con un envolvente con aberturas pensadas para ello, que determinan unas condiciones lumínicas interiores que son difícil de mantener cuando hay que compartimentar el espacio para el nuevo uso que se le da. Al mismo tiempo es estimulante porque permite jugar con varias posibilidades y alternativas, que pueden llegar a crear nuevos espacios interesantes del punto de vista arquitectónico y sobre todo lumínico.
- **La arquitectura crea el escenario donde el usuario vive y desarrolla sus actividades, y por eso es fundamental y de primera importancia que el arquitecto piense en él, en sus necesidades, en su confort, en su bienestar dentro y fuera del espacio construido. Un edificio no se compone sólo de su espacio interior, sino también de su relación con el exterior, a nivel térmico, acústico, lumínico, visual, en general a nivel perceptivo.**
- **El ser humano percibe siempre en relación a algo, necesita de una cierta variación, una situación estable no le es confortable. Nuestra percepción se basa en el cambio de los estímulos, y esto deja claro lo fundamental que es la variación en el espacio y en el tiempo de las condiciones ambientales para que el ser humano pueda apreciar su entorno.**
- **Por estas mismas razones, en un proyecto de rehabilitación no es suficiente tener en cuenta sólo las condiciones perceptivas estacionarias, estáticas, es decir, las condiciones de los distintos espacios que el edificio contiene, sino que asume una grande importancia la variabilidad**

de las percepciones, el dinamismo espacial y temporal que la arquitectura crea, en concreto el movimiento del usuario desde el exterior al interior, y entre los varios subespacios del conjunto.

- La capacidad de un arquitecto en rehabilitar una fábrica antigua convirtiéndola a un nuevo grande equipamiento, está en encontrar la manera de compartimentar, según las exigencias, el espacio antiguamente diáfano, apoyándose en las características iniciales del edificio y creando una nueva calidad lumínica que siga considerando el contenedor como un conjunto: cada subespacio no debe de ser considerado independiente del punto de vista lumínico o en general ambiental, sino que tiene que tener una relación muy cercana con los otros, de manera que cada elemento influya en otros y dependa de otros, creando así una percepción estimulante para el usuario.
- La iluminación natural es una herramienta de diseño que se presta muy bien a crear este dinamismo espacial y temporal de percepción, que además representa la base también de otros ámbitos del confort, como el acondicionamiento acústico, térmico o por ejemplo la percepción visual, que pueden ser objeto de investigaciones futuras, a partir de los resultados obtenidos con este trabajo.



## **\_ BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS**



## BIBLIOGRAFÍA

- R. Serra Florensa; H. Coch Roura  
Arquitectura y Energía Natural  
Barcelona, Ediciones UPC, (2001)  
ISBN:84-8301-497-1
- X. Basiana; M. Checa Artasu; J. Orpinell,  
*Barcelona, ciudad de fábricas*  
Barcelona: Nau Ivanow, 2000.
- Jordi Sebastià  
*La belleza industrial, historia de la fábrica y su estética*  
Fundación Bancaja, 2007  
ISBN: 978-84-8471-131-5
- Assumpció Feliu Torras (coordinación)  
*Cent elements del patrimoni industrial a Catalunya*  
Barcelona 2002, Lunwerg Editores  
ISBN: 84-7782-827-X.
- J. Adam; K. Hausmann; F. Juttner; K. Daniels  
*A design manual industrial buildings,*  
Birkhauser – publishers for architecture, Basel, 2004  
ISBN: 3-7643-2175-X.
- Autores varios  
*Spain architects – Rehabilitation 1*  
Barcelona, ed. Manuel Padura  
ISBN: 84-934525-1-3.
- Gilian Darley  
*Factory - Objekt series*  
ed. Reaktion Books Ltd, Hong Kong, 2003  
ISBN: 1-86189-155-5.
- Cristina Paredes  
*Industrial Chic, Reconverting Spaces,*  
Edizioni Gribaudo srl, Savignano (CN), 2006  
ISBN: 88-7906-171-2.
- Carles Broto y Eduard Broto  
*Innovación y diseño edificios industriales*  
Carles Broto i Comerma, Barcelona, Links, 2008  
ISBN: 84-9696-917-7.
- J. Sobrino Simal; J. Sobrino  
Arquitectura de la industria en Andalucía  
ed. David Perez de Villar Bosch, 1998  
ISBN: 8487672191.
- Félix Manito  
PEU, *Cultura y estrategia de ciudad – la centralidad del sector cultural en la agenda local,*  
Centro iberoamericano de desarrollo estratégico urbano, Cideu, 2006.
- Granados Menéndez  
*Restauración y rehabilitación, Rehabilitación energética de edificios*  
Madrid, Tornapunta, 2010
- *Barcelona Metropolis, Revista de información y pensamiento urbano*  
núm. 75, verano 2009  
[www.bcn.cat/publicacions](http://www.bcn.cat/publicacions)  
[www.barcelonametropolis.cat](http://www.barcelonametropolis.cat).

- Santi Martínez Illa  
*Plan de equipamientos culturales de Cataluña, 2010-2020*  
Generalitat de Catalunya, Departament de Cultura i Mitjans de Comunicació, PECCat, 2010  
ISBN 9788439385448.
- *Patrimoni industrial del Poblenou - Modificació del Pla especial de Protecció del Patrimoni Arquitectònic Històric-artístic de la Ciutat de Barcelona.*  
Districte de Sant Martí, Aprovació inicial, Marzo 2006. Ajuntament de Barcelona.
- *Scripta Nova, Revista electrònica de geografia y ciencias sociales*  
Universitat de Barcelona, 2003  
ISSN: 1138-9788
- Comité Español de Iluminación, Ministerio de industria, turismo y comercio, IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía  
*Guía Técnica: Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios*  
Madrid, 2005  
ISBN 84-86850-92-4.
- Departamento de Pedagogía Aplicada, Facultad de Educación, UAB  
*La cultura de la sociedad de la información, aportaciones de las TIC*  
Dr. Pere Marquès Graells, 2000
- Radu Andrei,  
*Form and space abstraction in architectural rehabilitation of industrial buildings,*  
Gheorghe Asachi, Technical University of Iași, Department of Architecture , 2009.
- Horacio Capel,  
La rehabilitación y el uso del patrimonio histórico industrial  
Universitat de Barcelona, Departament de Geografia Humana, 1995.
- Inmaculada Caravaca  
*El trasfondo socioeconómico y ambiental de los espacios urbanos*  
Universitat de Sevilla.
- Sabena Simona, Giulio Mondini,  
*Strategies, tools and opportunities for the development of a sustainable tourism: the case of the Torino 2006 Winter Olympic Games*  
DITAG - Land, Environment and geo-engineering department  
1-4244-0232-8.
- M. Belliardo, E. Menon  
*OGR Torino: strategie urbane e processi di composizione.*  
Politecnico di Torino, 2008.
- Carlos J. Pardo Abad,  
*La reutilización del patrimonio industrial como recurso turístico - Aproximación geográfica al turismo industrial*  
Departament de Geografia, Universitat Nacional de Educació a Distància, Treballs de la Societat Catalana de Geografia, 2004.
- J. Antoni Acebillo, R. García Bragado  
*Modificación del programa del PGM para la renovación de las zonas industriales del Poblenou – districte d'activitats 22@BCN*  
Ajuntament de Barcelona, sector de Urbanisme, 2000.
- Miguel Ángel Álvarez-Areces  
*Patrimonio industrial - Un futuro para el pasado desde la visión europea,*  
*Apuntes, vol.21, núm. 1(2008)*
- Virginia Vázquez Fierro  
Optimización de una metodología de análisis para la rehabilitación y protección sostenible de la arquitectura vernacula – una metodología de Investigación Aplicada a Zonas de Valor Constructivo, Ecológico y Cultural  
Tesis doctoral, director de Tesis: Dr. Arq. Avellaneda Díaz-Grande, Tutor de Estudios: Dr. Arq. Rafael Serra i Florensa, Barcelona, 2009.

- F. Neonato  
Nuove trame per la città – Parliamo di... Torino / La spina centrale  
estratto da ACER, il verde Editoriale Milano.
- Atti dei convegni Audis, 1999/2000  
*L'intervento nelle aree dismesse a Torino: le aree della Spina Centrale*  
Edizioni Audis, Venezia, Ciocchetta, 2001.
- UIA World Congress Torino 2008  
*Transmitting architecture*  
Abstract Main Session  
[http://www.patrimonioindustriale.it/at\\_aipai/pdf/programma\\_uia\\_torino\\_giugno2008.pdf](http://www.patrimonioindustriale.it/at_aipai/pdf/programma_uia_torino_giugno2008.pdf)
- Joaquín Sabaté y Manuel Tironi  
*Rankings, creatividad y urbanismo*  
Revista Eure, Vol. XXXIV, No 102, pp. 5-23, agosto 2008, Sección artículos  
ISSN impreso – 0250-7161 / ISSN electrónico – 0717-6236.
- *El sector energético en Barcelona y Catalunya*  
Ayuntamiento de Barcelona, Promoción Económica, 22@Barcelona, CIDEM. Gobierno de Catalunya, Cámara de Comercio de Barcelona.
- *Memòria 2007, UT 10 – Guàrdia Urbana*  
Ajuntament de Barcelona, Districte de Sant Martí.
- *Fàbriques de Creació – Presentació projectes arquitectònics Barcelona 20/11/2009*  
Institut de Cultura de Barcelona, Departament de premsa, Ajuntament de Barcelona.  
[www.bcn.cat/canalcultura](http://www.bcn.cat/canalcultura)
- *Arquinset 2010: Repensar\_Reutilitzar\_Renovar.*  
Barcelona 30/09/2010.
- <http://www.catalunyaconstruye.com/>
- <http://www.22barcelona.com>
- <http://www.bcn.es/>
- [www.habitatfutura.com](http://www.habitatfutura.com)

## REFERENCIAS

- [1] Gatz, K. y Hart, F.: *Edificios con estructura metálica*, Barcelona, 1968, pag.11
- [2] Aguilar Civera, I.: *Arquitectura Industrial. Concepto, método y fuentes*, Diputación de Valencia, Valencia, 1998
- [3] Eusebi Casanelles i Rahola, Director del Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya, introducción del libro *Cent elements del patrimoni industrial a Catalunya*, Barcelona 2002, Lunwerg Editores ISBN: 84-7782-827-X.
- [4] Granados Menéndez, *Restauración y rehabilitación, Rehabilitación energética de edificios*, Madrid: Tornapunta, 2010, pag.13-14.
- [5] (Castells, 1997).
- [6] Scripta Nova, Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98, Vol. VII, núm. 146(137), 1 de agosto de 2003, ¿Del Manchester catalán al Soho barcelonés? La renovación del barrio del Poble Nou en Barcelona y las cuestiones de la vivienda, Isaac Marrero Guillamón, Universidad de Barcelona.
- [7] Cuchi, Albert; con la colaboración de Pagés, Anna. *Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)*. Universidad Politécnica de Cataluña, por encargo del Ministerio de Vivienda del Gobierno de España. Octubre 2007.



- [8] Granados Menéndez, *Restauración y rehabilitación, Rehabilitación energética de edificios*, Madrid: Tornapunta, 2010, pag.13-14.
- [9] Wadel, Gerardo. *La sostenibilidad en la arquitectura industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda*. Tesis doctoral. Programa de doctorado ámbitos de investigación de la energía y el medio ambiente en la arquitectura. Universidad Politécnica de Cataluña. 2009
- [10] Cristina Paredes, *Industrial Chic, Reverting Spaces*, Edizioni Gribaudo srl, Savignano (CN), 2006.
- [11] X. Basiana; M. Checa Artasu; J. Orpinell, *Barcelona, ciudad de fábricas*, Barcelona: Nau Ivanow, 2000, pag.183.
- [12] Antecedentes Barcelona 1860-1960. 22@ Barcelona.  
<http://www.22barcelona.com/content/view/58/405/lang.es/>
- [13] Martín Manuel Checa Artasu, *Geografías para el patrimonio industrial en España: el caso de Barcelona*. <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-24532.htm>
- [14] *El Consorci Barcelona Zona Franca* 2005.
- [15] 22@ Barcelona – *El distrito de la Innovación*. [www.22barcelona.com](http://www.22barcelona.com)
- [16] M. Checa Artasu, *Geografías para el patrimonio industrial en España: el caso de Barcelona*. Scripta Nova, revista electrónica de geografía y ciencias sociales, Vol. XI, núm. 245 (32), 1 de agosto de 2007.
- [17] *Transmitting architecture*, UIA World Congress Torino 2008, Abstract Main Session  
[http://www.patrimonioidustriale.it/at\\_aipai/pdf/programma\\_uia\\_torino\\_giugno2008.pdf](http://www.patrimonioidustriale.it/at_aipai/pdf/programma_uia_torino_giugno2008.pdf)
- [18] <http://www.terra.org/articulos/art01540.html> artículo: **El interiorismo bien aplicado**, [www.terra.org](http://www.terra.org)
- [19] Jordi Sebastià, *La belleza industrial, historia de la fábrica y su estética*, Fundación Bancaja, 2007.
- [20] R. Serra Florensa, H. Coch Roura, *Arquitectura y energía natural*, 1991 UPC, capítulo 4.4 *Los factores de la percepción y la Gestalt*.